se as relações (2) são satisfeitas. Convém, como é óbvio, que a forma das peças e as solicitações sejam escolhidas de modo a obter equilíbrios análogos aos que se deseja estudar.

Quando o protótipo está em equilíbrio elástico dispõe-se de numerosos materiais para a construção de modelos, entre os quais se citam o celulóide, os plásticos, o gesso, os metais e os aglomerados de cortiça.

Na escolha do material elástico a utilizar num dado caso há em primeiro lugar a atender à facilidade da construção do modelo. No caso de formas complexas e curvas convém por via de regra recorrer a materiais moldáveis, como o gesso e alguns plásticos.

Em segundo lugar há que atender à vantagem do material ter uma extensão limite de proporcionalidade elevada e um módulo de elasticidade baixo, a fim de obter extensões mensuráveis com precisão à custa de forças de pequena intensidade. Os materiais com estas propriedades apresentam a maior parte das vezes o inconveniente de possuirem uma fluência apreciável. Contudo pode em geral, sem afectar a precisão, supor-se que os materiais atrás referidos têm, sob a acção de forças constantes, um módulo de elasticidade função do tempo, subsistindo então as relações de semelhança estabelecidas para os materiais elásticos (art. 3 c).

Dos materiais citados os mais utilizados actualmente são os plásticos os quais apresentam, assim como o celulóide, a vantagem de possuirem uma extensão limite de proporcionalidade elevada, geralmente superior a 1 %, tanto em tracção como em compressão, e de se deixarem fàcilmente trabalhar.

O celulóide e a maioria dos plásticos hoje usados, como os conhecidos pelas designações comerciais de perspex, plexiglas e lucite, que são polimetacrilatos de metilo, e os conhecidos por baquelite, marblette e trolon, que são fenolformaldeídos, apresentam valores do módulo de elasticidade entre 15.000 e 45.000 $kgcm^{-2}$. O coeficiente de Poisson varia de 0,30 a 0,40.

O celulóide e os 3 plásticos citados em primeiro lugar apresentam ainda a grande vantagem de poderem ser fàcilmente colados (fig. 5).

Um outro plástico que estamos presentemente utilizando no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, o «alkathene», designação comercial de um politene, apresenta a particularidade de possuir um módulo de elasticidade muito baixo, cerca de 3.000 $kgcm^{-2}$, e ser moldável a cerca de 140° C (fig. 6). Este plástico não é colável mas podem ligar-se as superfícies a juntar

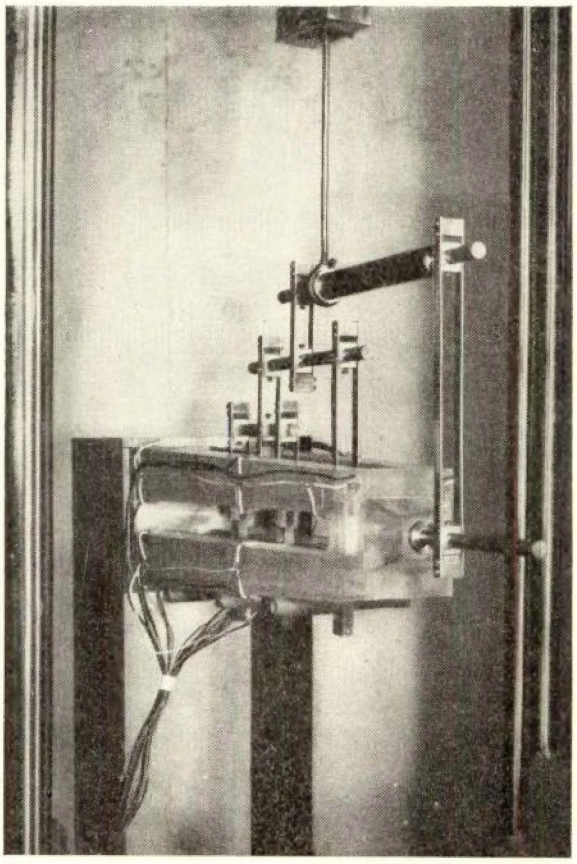


Fig. 5 — Modelo (rodado de 90°) de perspex, à escala 1/200, de uma coluna de betão com cerca de 100 m de altura. As extensões foram medidas, em regime estático e dinâmico, com extensómetros eléctricos.

procedendo à sua soldadura. Esta pode ser conduzida de maneira análoga à soldadura dos metais, usando-se uma barra de alcatene e um jacto de ar quente.

O facto do «alkathene» ser soldável associado à grande facilidade com que pode ser cortado, mesmo com ferramentas para o trabalho de madeiras, permite que as for-

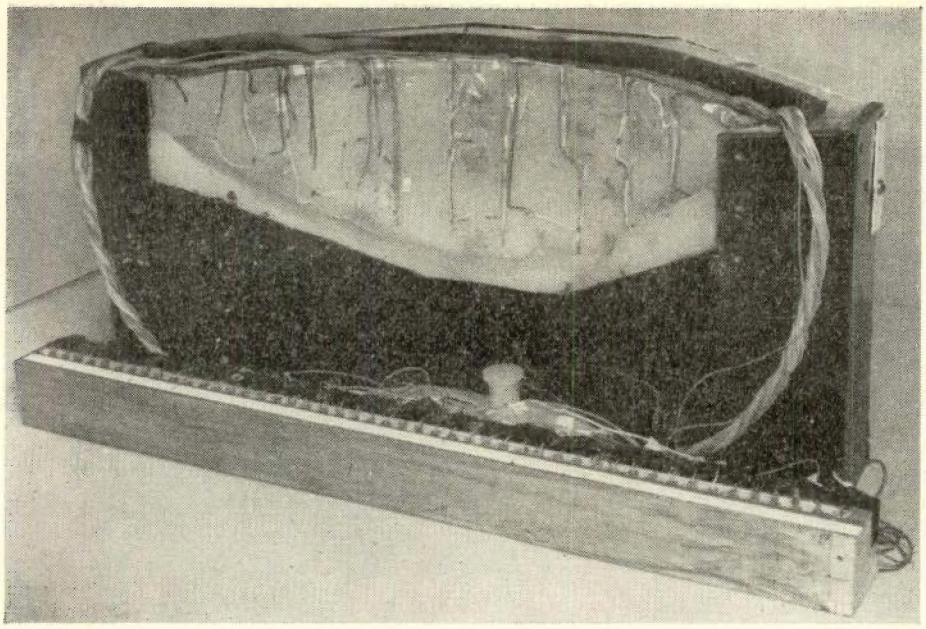


Fig. 6 — Modelo de «alkathene», à escala 1/200, de uma barragem abóbada com 35 m de altura. As extensões devidas à pressão hidrostática, exercida com mercúrio, foram medidas com extensómetros eléctricos fabricados especialmente para serem aplicados no «alkathene».

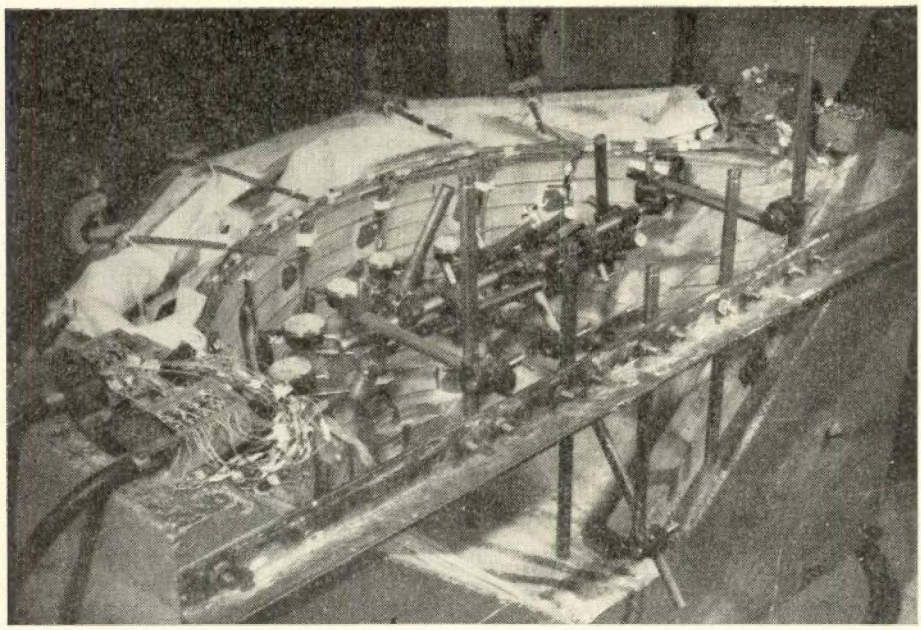


Fig. 7 — Modelo à escala 1/300 de uma barragem abóbada, com 130 m de altura máxima e da respectiva fundação. O modelo foi fabricado com uma mistura de gesso e diatomite e a medição das extensões efectuada com extensómetros eléctricos.

mas dos modelos sejam modificadas à vontade quando se buscam as formas mais convenientes a dar à estrutura em estudo.

Um material já citado, o gesso, ao qual muitas vezes se adiciona diatomite, tem a vantagem de ser muito fàcilmente moldável e de ser muito económico (fig. 7)[10], [11]. Apresenta o inconveniente grave de ser

frágil, produzindo-se por vezes fendas invisíveis que podem perturbar o campo de tensões.

As propriedades mecânicas deste material variam entre largos limites com a quantidade de água de amassadura e com o grau de humidade no momento da utilização. O módulo de elasticidade pode variar de 5.000 a 80.000 $kgcm^{-2}$, sendo necessário adicionar a diatomite para se obterem os valores mais baixos. As extensões limite de proporcionalidade variam contudo muito pouco, tendo valores da ordem de 0,1 %, o que por vezes compromete a precisão da medição das deformações. O coeficiente de Poisson varia de 0,15 a 0,25.

c) *Aplicação das solicitações* — As forças concentradas são fàcilmente aplicadas aos modelos por meio de pesos, de macacos ou de molas. Como as grandezas das forças a aplicar para produzir as mesmas deformações diminuem com o quadrado da escala, é muito conveniente procurar a escala mínima pois as montagens para aplicação das forças podem tornar-se muito mais simples e económicas.

As forças distribuídas são por vezes substituídas por forças concentradas mais ou menos próximas conforme a precisão exigida e o espaço que seja necessário deixar livre para as observações da superfície directamente carregada.

Quando as forças distribuídas actuam normalmente à superfície carregada elas podem ser exercidas por meio de líquidos. Quando a intensidade dessas forças é muito elevada pode recorrer-se a almofadas deformáveis nas quais se faz entrar um fluido sob a pressão necessária.

Quanto à determinação nos modelos do efeito do peso próprio, foi já referido (art. 2a) que é em geral necessário recorrer a forças complementares ou impor ao modelo um movimento de rotação, solução esta que não é cómoda. A aplicação de forças complementares não apresenta dificuldades quando se trata, como é corrente, de estruturas com peças de pequena espessura, pois essas forças podem ser substituídas por forças de superfície. Porém, quando as forças têm de ser aplicadas no interior dos modelos, as montagens necessárias tornam-se muito complicadas [12].

Com o «alkathene» já é muitas vezes possível determinar o efeito do peso próprio em modelos com dimensões moderadas.

O estudo sobre modelo dos efeitos de variação de temperatura encontra duas dificuldades: a imposição de dados estados de temperatura e a influência das variações da temperatura sobre os aparelhos de medida. Por isso poucos têm sido os estudos efectuados [13].

4. Observação dos modelos

Para prever o comportamento de uma estrutura a partir de um modelo é necessário, dum modo geral, proceder à determinação de deslocamentos, extensões e tensões.

Seguindo o conceito de segurança corrente, é especialmente importante a determinação das tensões desenvolvidas sob a acção das solicitações de serviço, pois é a partir dessas tensões que se faz o dimensionamento das estruturas.

No cálculo em relação à rotura só interessa, essencialmente, a determinação da intensidade das solicitações que provocam a rotura.

No dimensionamento pelo conceito probabilístico haverá sobretudo necessidade de medir os deslocamentos, e as características das roturas provocadas pela actuação das várias solicitações com todas as intensidades possíveis. A partir destas medições poder-se-á avaliar os prejuizos de vária ordem, que sofrerá o protótipo, como os provenientes de deformações excessivas, da necessidade de reparações, etc.

a) *Determinação de deslocamentos, extensões e tensões* [14] — A determinação de deslocamentos nos modelos é feita com deflectómetros com sensibilidade de $\frac{1}{10}$ e $\frac{1}{100}$ mm e, raramente, de $\frac{1}{1000}$ mm.

A medição de extensões é a maior parte das vezes a determinação mais importante pois permite determinar as tensões quando

são conhecidas as relações entre deformações e tensões. Para os materiais em deformação elástica basta conhecer o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson.

A medição de extensões em modelos faz-se quase exclusivamente em pontos da superfície. A sua medição no interior apresenta, além das dificuldades inerentes a tais medições, as provenientes das dimensões reduzidas dos modelos. Porém, como as maiores extensões e tensões se dão a maior parte das vezes na superfície, tal dificuldade não se faz em geral sentir.

Entre os extensómetros usados na medição de extensões nos modelos citamos os extensómetros mecânicos Huggenberger e Johansson. Têm ambos precisão satisfatória para as bases de medida de pequeno comprimento que há geralmente necessidade de considerar nos modelos, podendo os extensómetros Johansson ser aplicados sobre bases de 3 mm. Como todos os extensómetros mecânicos, só permitem fazer medições na superfície e apresentam o inconveniente de exigirem, juntamente com os acessórios de montagem, um espaço excessivo; além disso a montagem é muitas vezes pouco expedita.

Os extensómetros de corda vibrante também são por vezes utilizados[11]. O comprimento mínimo das cordas é de cerca de 2 cm, o qual é muitas vezes excessivo; além disso as operações de colocação e observação das cordas são demoradas. Permitem contudo a observação a distância, o que constitui uma vantagem apreciável quando há regiões do modelo pouco acessíveis ou quando se trata de modelos de grandes dimensões. Os extensómetros de corda vibrante são os que oferecem mais confiança para as observações a longo prazo.

Finalmente citamos os extensómetros eléctricos de resistência[14] que são, sem dúvida, os que melhor se adaptam às medições sobre modelos, sendo hoje quase os exclusivamente usados. De facto, são os que ocupam menos espaço e têm menor peso, montam-se fàcilmente sem exigir quaisquer acessórios, permitem a observação a distância, as bases de medida podem ter quaisquer valores a partir de poucos milímetros, e a precisão é satisfatória. Sobretudo quando, como é corrente, é necessário determinar grande número de extensões, os extensómetros eléctricos são os que permitem mais rápida e econòmicamente obter os resultados.

O único inconveniente que apresentam é a precária estabilidade no decorrer do tempo, havendo contudo já alguns tipos de extensómetros nos quais esse inconveniente é minorado.

Os extensómetros eléctricos prestam-se, dadas as suas reduzidas dimensões, para a medição de extensões no interior dos modelos. No caso de materiais moldáveis basta deixá-los no seu interior no momento da moldagem (fig. 8), convenientemente protegidos contra a humidade se tal for necessário.

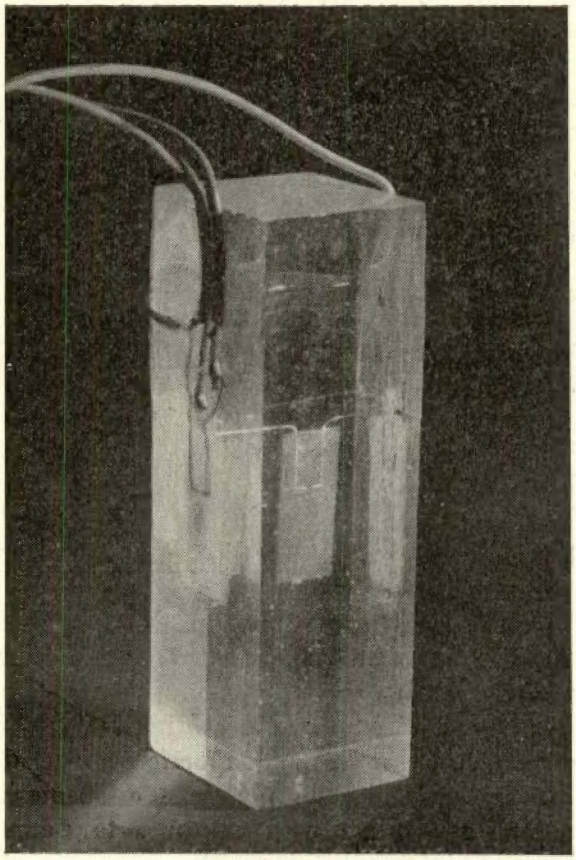


Fig. 8 — Prisma de plástico com um extensómetro eléctrico no interior. Num ensaio de compressão as indicações deste extensómetro concordaram perfeitamente com as dos extensómetros colocados na superfície.

Com o aparecimento dos extensómetros

eléctricos pode dizer-se que deixou de haver qualquer dificuldade quanto à medição de extensões em modelos.

A precisão com que os extensómetros dos vários tipos medem as extensões depende muito, como é óbvio, das grandezas das extensões a medir e das condições experimentais. Todos os extensómetros referidos permitem, por via de regra, fazer medições de extensões ε com um erro $\Delta\varepsilon$ inferior a 10×10^{-6}.

Admitindo este valor do erro estão indicados no quadro seguinte os valores aproximados do erro relativo com que podem ser determinadas as extensões e tensões desenvolvidas nos materiais mais usados na construção de modelos quando apresentam extensões ε vizinhas da extensão limite de proporcionalidade. Não se considerou a influência do erro do módulo de elasticidade no erro das tensões.

Materiais	Extensões ε %	Erro relativo das extensões e tensões $\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}$ (%)
Celulóide e plásticos	1	0,1
Gesso	0,05	2
Argamassa e betões .	0,02	5
Metais.	0,2	0,5

Vê-se pois que se podem determinar as extensões e tensões com precisão inteiramente satisfatória.

A determinação das isostáticas, isto é, das direcções principais na superfície dos modelos de celulóide, de plásticos e de metais pode fazer-se muito expeditamente, dada a grande deformabilidade destes materiais, pelo método das camadas frágeis [14] (fig. 9). Consegue-se obter o aparecimento das fendas para extensões de cerca de 10^{-4}. O método é sobretudo aconselhável quando se trata de modelos com formas complexas, podendo ser aplicado em equilíbrios dinâmicos.

O conhecimento das isostáticas tem a grande vantagem de permitir diminuir o número de observações a efectuar com extensómetros para a determinação dos estados de deformação e de tensão. Estão mesmo sendo desenvolvidas técnicas de aplicação do método, que já alcançaram resultados com bastante interesse, visando a determinação da grandeza das extensões.

O desenvolvimento de métodos, como o das camadas frágeis, que forneçam resultados, digamos, em superfície tem muito interesse pois evitam as observações ponto por ponto, necessàriamente muito mais demoradas, e reduzem a probabilidade de serem cometidos erros.

Recentemente foi posta em evidência uma

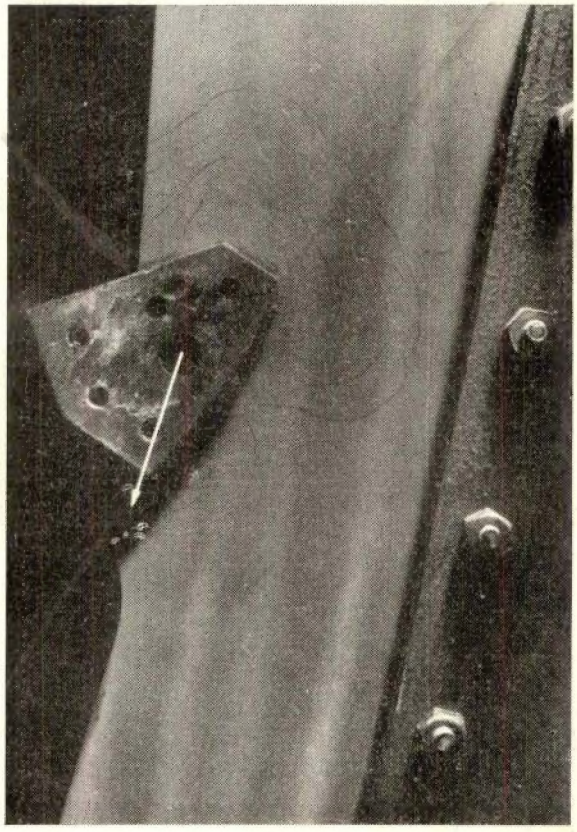


Fig 9 — Aplicação do método das camadas frágeis à determinação das isostáticas num muro guia do descarregador de uma barragem.

propriedade [15] que permite determinar directamente as tensões. Esta propriedade é a seguinte: se num ponto do interior de um sólido constituído por um material qualquer, for introduzido um sólido elástico de pequenas dimensões em íntima ligação com o primeiro, as tensões desenvolvidas no sólido elástico só dependem do estado de tensão na sua vizinhança desde que o seu mó-

dulo de elasticidade seja suficientemente pequeno em face do correspondente às deformações do sólido envolvente. Portanto, medindo as tensões instaladas no sólido elástico, por exemplo, por intermédio da medição das suas deformações (fig. 10), podem determinar-se as tensões no interior de um sólido num estado de deformação qualquer.

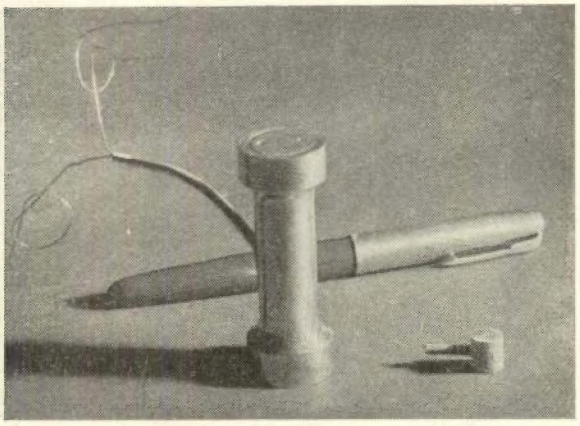


Fig. 10 — Células de magneto-estricção de reduzidas dimensões, destinadas a serem deixadas no interior de modelos para medição directa de tensões.

b) *Método fotoelástico* — A determinação de tensões em equilíbrios elásticos a duas dimensões pode fazer-se pela fotoelasticidade[16] [17]. Em face do método geral de determinação de tensões a partir das medições com extensómetros, o método da fotoelasticidade tem a vantagem de ser mais rápido e económico, alcançando-se além disso em geral maior precisão. Para essa economia concorre apreciàvelmente o facto de poderem ser usados modelos com dimensões muito reduzidas. No caso do estudo de fortes concentrações de tensão este facto impõe mesmo o método, pois utilizando extensómetros é-se obrigado a utilizar modelos com grandes dimensões.

Uma vantagem do método da fotoelasticidade resulta das observações serem feitas em superfície o que torna, como já se referiu, menos prováveis os enganos. As franjas que se observam solidarizam, digamos, todos os pontos da peça.

As tentativas feitas para aplicação da fotoelasticidade a equilíbrios a 3 dimensões ainda não chegaram a resultados com interesse prático. Actualmente é preferível fazer as determinações quer na superfície quer no interior com extensómetros.

c) *Modelos de estruturas constituídas por peças lineares* — Os modelos de estruturas constituídas por peças lineares podem ser estudados usando os métodos gerais referidos anteriormente. Contudo, antes do aparecimento dos extensómetros eléctricos, a medição de extensões topava muitas vezes com a dificuldade dos extensómetros de que se dispunha terem, juntamente com os acessórios necessários à sua montagem, dimensões e peso excessivo em face das dimensões e da rigidez que convém dar aos modelos das estruturas lineares.

Quando as secções do modelo não são perfeitamente semelhantes às do protótipo a medição das extensões permite determinar os esforços no modelo dos quais se passa para os homólogos do protótipo.

Têm sido desenvolvidos numerosos métodos especiais para o estudo experimental de estruturas lineares.

Os métodos mais utilizados têm sido os que permitem a determinação das linhas de influência das solicitações hiperestáticas (exteriores e interiores) a partir do teorema da reciprocidade de Maxwell-Betti[18] [19]. A obtenção por esta via das linhas de influência tem a grande vantagem de evitar a aplicação de forças aos modelos, o que é particularmente importante no caso de estruturas com grande número de peças.

Apesar dessa determinação das linhas de influência ser em princípio possível para estruturas lineares quaisquer, as dificuldades experimentais têm limitado a sua aplicação a estruturas em equilíbrio a duas dimensões.

Os diversos métodos baseados nesse teorema diferem entre si na grandeza dos deslocamentos impostos aos modelos, na técnica de imposição destes deslocamentos e na técnica de medição dos deslocamentos correspondentes às forças cujo efeito se deseja determinar.

Os métodos em que se impõem grandes deslocamentos têm a vantagem de permitir

a observação directa do funcionamento da estrutura, e de ser fácil a medição dos deslocamentos correspondentes. Apresentam contudo o grave inconveniente dos resultados serem afectados pela redistribuição de tensões proveniente dos grandes deslocamentos impostos. Por isso estes métodos têm hoje quase exclusivamente um valor pedagógico.

No entanto, por vezes, o inconveniente referido não é de temer. Assim, no caso de vigas contínuas, para a determinação das linhas de influência das reacções dos apoios podem impor-se aos pontos de apoio deslocamentos da ordem de 1/5 dos vãos sem que daí resultem erros superiores a poucos por cento.

Dos métodos baseados no teorema da reciprocidade o mais usado tem sido o de Beggs [20] no qual são impostos pequenos deslocamentos, por meio de um dispositivo especial, e os deslocamentos correspondentes são medidos com microscópios.

A aplicação deste método só é aconselhável para a determinação de linhas de influência de hiperestáticas exteriores. De facto para as determinações relativas a hiperestáticas interiores em estruturas complexas, que são aquelas que interessa estudar experimentalmente, não há a maior parte das vezes espaço disponível para montar o dispositivo de imposição dos deslocamentos, o qual além disso não pode ser aplicado nos bordos do corte mas sòmente a uma distância muitas vezes excessiva. Por outro lado, a sua montagem é demorada e incómoda e, frequentemente, a rigidez do modelo não permite a imposição de deslocamentos com a grandeza conveniente.

A medição dos deslocamentos impostos e dos correspondentes, quer se trate de pequenos ou grandes deslocamentos, pode ser feita expeditamente pelo método fotográfico [21]. Neste método o modelo é fotografado sobre a mesma chapa antes e depois de imposto um certo deslocamento; os deslocamentos podem ser medidos sobre a chapa com um microscópio, ou sobre um ecran onde se projecta a chapa (fig. 11). O método permite fazer as determinações muito ràpidamente e sua precisão para pequenos deslocamentos é a mesma alcançada com leituras directas sobre o modelo com microscópio.

O método fotográfico tem a vantagem de fornecer um registo dos resultados dos ensaios e das condições em que foram realizados, podendo revelar certas causas de erro, como dimensionamento deficiente do modelo, movimentos acidentais nos encastramentos e outras ligações, funcionamento deficiente dos dispositivos de imposição de deslocamentos, etc.

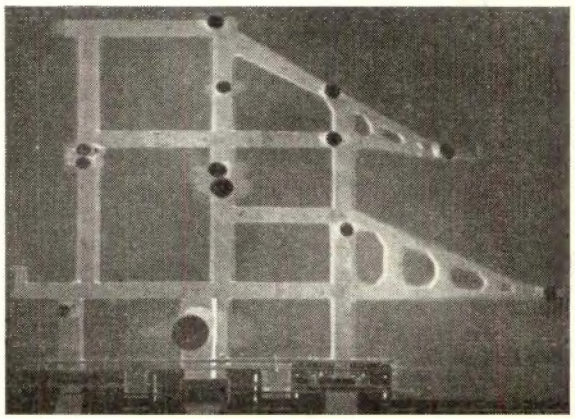


Fig. 11 — Fotografia obtida no estudo de uma estrutura pelo método fotográfico.

Em resumo, no estudo experimental de estruturas lineares convém aplicar o método geral, procedendo à medição de extensões com extensómetros eléctricos, a não ser na determinação de linhas de influência de hiperestáticas exteriores de estruturas em equilíbrio a duas dimensões. Para esta determinação convém usar o método de Beggs e fazer a determinação dos deslocamentos pelo método fotográfico.

5. Conclusões

Expuseram-se os aspectos essenciais do problema do dimensionamento experimental das estruturas.

Conclui-se que a escolha das formas e a determinação das dimensões de uma estrutura qualquer podem ser feitas, por via de regra, a partir da observação de modelos, mesmo quando se pretende ter em conta o

comportamento fora da fase elástica. Os modelos também se prestam à averiguação da influência da variabilidade das propriedades dos materiais ao longo de uma estrutura.

Actualmente é na escolha dos materiais para os modelos e na sua constução que se depara por vezes com dificuldades, enquanto que antes do aparecimento dos extensómetros eléctricos era na observação dos modelos que se encontravam os maiores obstáculos frequentemente insolúveis.

Pode bem afirmar-se que um modelo, mesmo a uma escala muito reduzida, é uma imagem bastante mais fiel do protótipo do que as hipóteses adoptadas nos cálculos analíticos, isto quer do ponto de vista das formas, quer dos materiais, quer ainda das solicitações. Tal, porém, não desvaloriza os métodos analíticos os quais têm a grande vantagem de ser, salvo casos muito especiais, de aplicação mais rápida e económica, de não exigir meios materiais importantes e, ainda, de fornecer resultados fàcilmente verificáveis por outrem.

Estas vantagens impõem os métodos analíticos na fase de ante-projecto de uma estrutura, fase na qual é necessário fazer um julgamento, necessàriamente sumário, das soluções possíveis as quais são por via de regra numerosas. Ainda no projecto definitivo de estruturas de pequena e média importância são em geral os métodos analíticos os mais adequados.

É no projecto de estruturas importantes, digamos com o valor superior ao milhar de contos, que se impõem os estudos sobre modelo, cujo custo é da ordem das dezenas de contos, a não ser que se disponha de métodos analíticos de inteira confiança.

Os métodos analíticos e experimentais não devem pois ser postos em oposição, como por vezes há tendência, mas sim ser considerados como ferramentas a utilizar criteriosamente para a resolução do problema do dimensionamento seguro e económico das estruturas.

Deve frizar-se que para os resultados dos estudos experimentais serem obtidos dentro de prazos compatíveis com os destinados habitualmente à elaboração dos projectos e para merecerem confiança às entidades interessadas no projecto, é necessário dispor de laboratórios especialmente equipados e organizados. Para manter econòmicamente tais laboratórios é necessário que tenham um volume de trabalho permanente importante.

A utilização em larga escala do método experimental como método de rotina de dimensionamento dá preciosas oportunidades de aperfeiçoar e teorizar o conhecimento do comportamento das estruturas. Acontece mesmo muitas vezes que ao estudar-se um modelo surgem como mais importantes certos efeitos que não tinham sido considerados.

A dificuldade e o elevado custo da observação dos protótipos é mais uma razão que milita a favor de uma utilização mais larga dos modelos vistos como instrumentos de investigação.

BIBLIOGRAFIA

(1) Freudenthal, A. M. «The Safety of Structures», Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs., 71, (8), 1945.

(2) Levi, R. «Calculs Probabilistiques de la Sécurité des Constructions», Ann. Ponts Chaus., No. 26, 1949.

(3) Rocha, M. «Dimensionnement Expérimental des Constructions», Ann. de l'Inst. Tech. du Bât. et Trav. Publ., 1952.

(4) Docherty. «Slow Bending Tests on Large Notched Bars», Engineering, 139, 211, 1935.

(5) Shearin, Ruark and Trimble. «Size Effects in Steels and other Metals», Report of a Conference on Strength of Solids, The Physical Society, London, 158, 1948.

(6) Weibull, W. «A Statistical Theory of the Strength of Materials», Ingeniors Vetenskaps Akademien, Handlingar, 151, Stockholm, 1939.

(7) Frankel, J. «Relative Strengths of Portland Cement Mortar in Bending under Various Loading Conditions», J. Amer. Conc. Inst., 20, (1), Sept. 1948.

(8) Davidenkoo, N., Shevandin, E., and Wittmann, F. «The Influence of Size on the Brittle Strength of Steel», J. Appl. Mech., March 1947.

(9) MINDLIN, R., and SALVATORI, M. Analogies, Handbook of Experimental Stress Analysis, Chap. 16, John Wiley & Sons, N. Y., 1950.

(10) Model Tests of Boulder Dam, Bureau of Reclamation, U. S. A., 1939.

(11) ROCHA, M., and LAGINHA SERAFIM, J. «Model Tests of Santa Luzia Dam», Comm. 5, Troisième Congrès des Grands Barrages, Stockholm, 1948.

(12) OBERTI, G. «Richerche Sperimentali sul Comportamento Statico delle Dighe», L'Elettrotecnica, 36, (3), 1949.

(13) Model Tests of Boulder Dam, Bureau of Reclamation, 195 and 355, 1939.

(14) Handbook of Experimental Stress Analysis, John Wiley & Sons, N. Y., 1950.

(15) COUTINHO, A. «Théorie de la Détermination Expérimentale des Contraintes par une Méthode n'exigeant pas la Connaissance Précise du Module d'Elasticité», Mem. Ass. Int. des Ponts et Charpentes, 7, 1949.

(16) FROCHT. Photoelasticity, John Wiley & Sons, 1941, 1948.

(17) ROCHA, M., and BORGES, F. «Fotoelasticity Applied to Structural Design», Prelim. Pub. I. A. B. S. E., Cambridge, 1952.

(18) PIPPARD, A. The Experimental Study of Structures, Edward Arnold & Co., London, 1947.

(19) ROCHA, M. «Estudo das Estruturas Hiperestáticas pelos Teoremas de Castigliano e pelo Método de Beggs», Laboratorio de Engenharia Civil, 1943.

(20) MCCULLOUGH, B., and THAYER, E. Elastic Arch Bridges, Chap. 7, John Wiley & Sons, N. Y., 1931.

(21) ROCHA. M., and FERRY BORGES, J. «Photographic Method for Model Analysis of Structures», Proc. Soc. Expt. Stress Analysis, 8, (2), 129, 1951.

C. D. 531.781.2
539.37

ALGUNS PROBLEMAS DE EXTENSOMETRIA

ABACOS PARA A SUA RESOLUÇÃO

PELO ENG.º CIVIL J. F. LOBO FIALHO
Assistente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NOTAÇÕES

Componentes dos deslocamentos	u, v, ω.
Extensões longitudinais	$\varepsilon_x, \varepsilon_y\ \varepsilon_z$.
Distorções angulares	$\gamma_{yz}, \gamma_{xz}, \gamma_{xy}$.
Tensões normais	$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$.
Tensões tangenciais	$\tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy}$.
Módulo de Young	E
Coeficientes de Lamé	γ, μ
Módulo de elasticidade transversal	G
Coeficiente de Poisson	υ

1. Introdução

No estudo experimental de estruturas e órgãos de máquinas interessa em muitos casos, determinar o estado de tensão criado num ponto sob a acção de determinadas solicitações. O problema posto ao investigador, que analisa por meio de extensómetros, o estado de deformação no ponto considerado, consiste portanto na avaliação dum estado de tensão a partir do estado de deformação medido. Em geral, podem considerar-se aceitáveis as hipóteses em que se baseia a teoria da elasticidade e o problema resolve-se fàcilmente por meio das relações, estabelecidas naquela teoria, entre o estado de tensão e o estado de deformação [1].

Quando se aplicam cargas a um corpo sólido, criam-se tensões em torno dos seus pontos que modificam as suas posições relativas. A partir das condições de equilíbrio dos meios contínuos deduz-se que a tensão numa faceta qualquer, passando pelo ponto, é função vectorial linear (tensor) dos cosenos directores da normal à faceta, (versor) gosando esta função das propriedades particulares dos tensores simétricos. Nesta conformidade, a tensão sobre uma faceta qualquer que passa por um ponto, é dada em grandeza e direcção pelo elipsóide e pela quádrica directriz do tensor no ponto considerado. O elipsóide do tensor «tensão» num ponto é o lugar geométrico das extremidades de todos os vectores representativos da tensão em qualquer faceta passando pelo ponto e tem por equação:

$$\frac{x^2}{\sigma^2_{I}} + \frac{y^2}{\sigma^2_{II}} + \frac{z^2}{\sigma^2_{III}} = 1 \qquad (1)$$

na qual σ_I, σ_{II} e σ_{III}, semi-eixos do elipsóide, são as tensões principais no ponto considerado.

A quádrica directriz das tensões tem por equação:

$$\frac{x^2}{\sigma_{I}} + \frac{y^2}{\sigma_{II}} + \frac{z^2}{\sigma_{III}} = \pm 1 \qquad (2)$$

e permite determinar a orientação da faceta sobre que actua uma determinada tensão, que é a do plano diametral daquela quádrica conjugado com a direcção da tensão.

No que diz respeito às deformações, a partir das hipóteses de continuidade, deduz-se que a função vectorial representativa do estado de deformação num ponto é também um tensor simétrico. Isto é: o lugar geométrico dos pontos que antes da deformação pertenciam a uma superfície esférica de raio muito pequeno, passam depois da deformação a pertencer a um elipsóide cujo centro coincide com o da esfera. Por outras palavras pode dizer-se que existe também um elipsóide e uma

quádrica directriz das deformações, de equações:

$$\frac{x^2}{\varepsilon_I^2} + \frac{y^2}{\varepsilon_{II}^2} + \frac{z^2}{\varepsilon_{III}^2} = 1$$

$$\frac{x^2}{\varepsilon_I} + \frac{y^2}{\varepsilon_{II}} + \frac{z^2}{\varepsilon_{III}} = \pm 1 \qquad (3)$$

que relacionam as posições de qualquer elemento antes e depois da deformação.

As hipóteses introduzidas na teoria da elasticidade permitem relacionar o estado de tensão com o de deformação estabelecendo que os semi-eixos do elipsóide das deformações coincidem com os semi-eixos

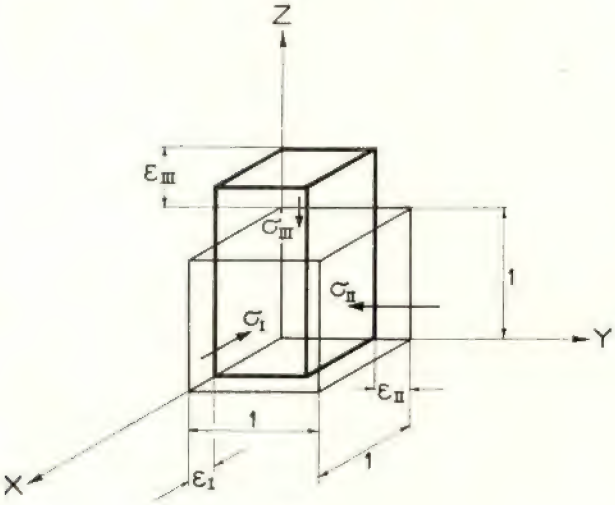


Fig. 1

do elipsóide das tensões, havendo entre os semi-diâmetros respectivos fig. 1 (tensões e extensões principais) as relações

$$\varepsilon_I = \frac{1}{E}\left[\sigma_I - \nu\,(\sigma_{II} + \sigma_{III})\right]$$

$$\varepsilon_{II} = \frac{1}{E}\left[\sigma_{II} - \nu\,(\sigma_I + \sigma_{III})\right] \qquad (4)$$

$$\varepsilon_{III} = \frac{1}{E}\left[\sigma_{III} - \nu\,(\sigma_I + \sigma_{II})\right]$$

nas quais E e ν são grandezas características do meio, denominadas respectivamente, módulo de elasticidade longitudinal e coeficiente de Poisson.

Tem particular interesse o estudo dos estados de tensão e deformação planos visto efectuarem-se em geral as medições sobre superfícies planas ou possuindo pequena curvatura. Nesta hipótese, o elipsóide das tensões e das deformações converte-se respectivamente na elipse das tensões e deformações e a análise dos estados de tensão e deformação simplifica-se extraordinàriamente.

2. Análise do estado de deformação unitária

Consideremos um rectângulo elementar de lados iguais à unidade, existente sobre a superfície duma peça submetida a determinada solicitação. Façamos sobrepor um dos vértices do elemento deformado com a sua posição primitiva, dando-lhe para isso uma translação e uma rotação inversas das que sofre a peça no ponto considerado por virtude da deformação de conjunto fig. 2.

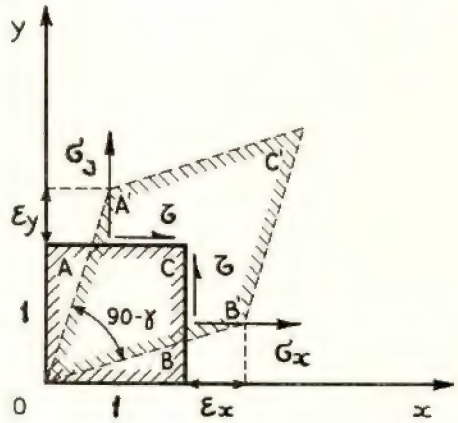


Fig. 2

Se tomarmos como eixos de referência os dois lados do quadrado primitivo que se cruzam no vértice considerado, o estado de deformação elementar neste ponto fica definido pelas componentes:

ε_x — extensão segundo Ox
ε_y — extensão segundo Oy
γ — distorção angular

De todos os quadrados com vértice em 0 existe pelo menos um que não sofre distor-

ção tendo apenas como componentes da deformação elementar duas extensões ε_I e ε_{II} *denominadas extensões principais.*

A deformação de qualquer elemento passando por O fica conhecida desde que se trace a elipse das deformações dos semi-eixos ε_I e ε_{II} fig. 3.

uma recta e com um sentido convencional, [2] marque-se o centro duma circunferência à distância OW da origem igual à semi-soma das extensões principais:

$$OW = \frac{\varepsilon_I + \varepsilon_{II}}{2}$$

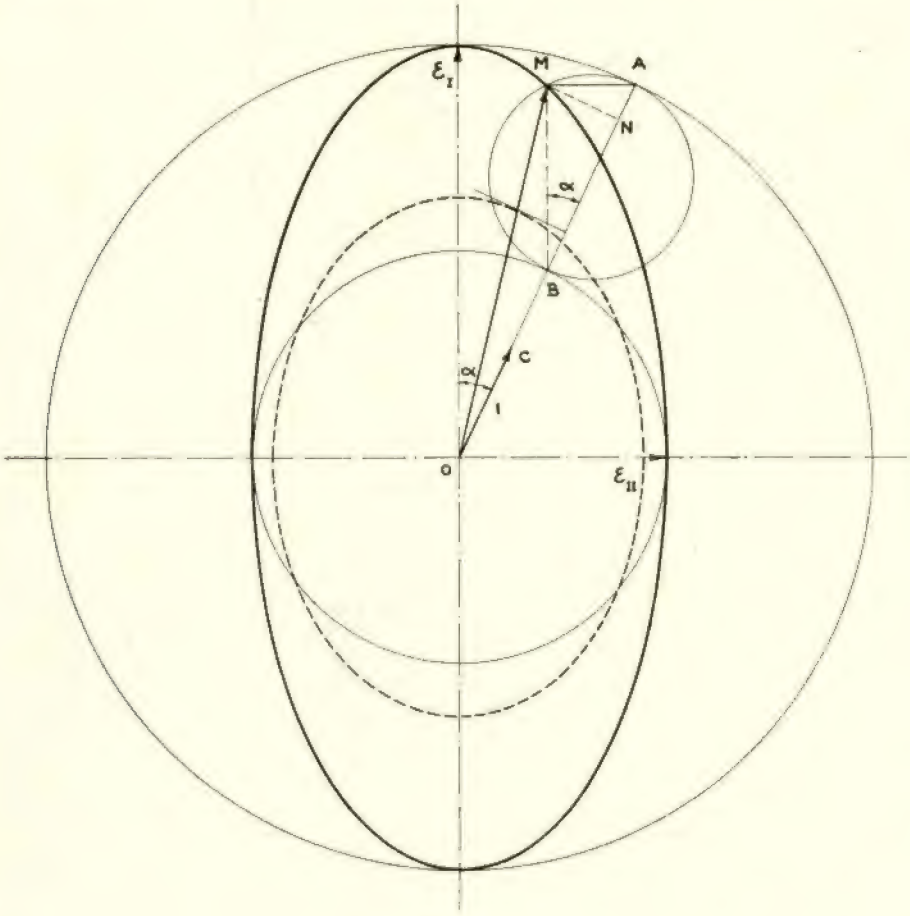


Fig. 3

Com efeito, dado o carácter tensorial desta função, as componentes da deformação elementar dum segmento unitário $\overline{OC} = 1$ são: $\overline{ON} = \varepsilon$ e $MN = \gamma/2$, obtidas a partir do conhecimento da direcção do segmento deformado (direcção OM) que é a do diâmetro da elipse directriz conjugada com a direcção da normal à direcção primitiva (OC).

Esta construção pode efectuar-se independentemente do traçado da elipse das deformações por meio duma construção gráfica conhecida por *círculo de Mohr*. Com origem num ponto O fig. 4 tomado sobre

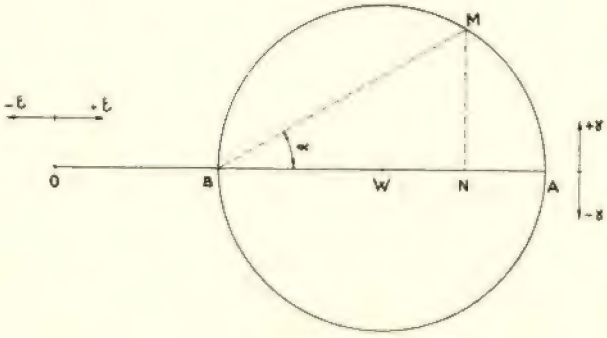


Fig. 4

Com centro em W trace-se uma circunferência de raio igual à semi diferença das extensões principais:

$$WA = WB = \frac{\varepsilon_I - \varepsilon_{II}}{2}$$

Os pontos desta circunferência definem as componentes da deformação elementar de qualquer segmento. Assim as componentes ε e $\gamma/_2$ da deformação elementar dum segmento OC = I que faz um ângulo α com a direcção da extensão principal ε_I, são dadas pela abcissa e ordenada dum ponto M da circunferência que faz com a direcção OA um ângulo inscrito igual a α isto é:

$$ON = \varepsilon$$
$$NM = \gamma/_2$$

Para compreender a justificação do que acaba de expor-se, basta notar que a construção indicada não é mais do que a que se efectuou para determinação do ponto da elipse, representativo da deformação elementar dum segmento $\overline{OC}$ que faz um ângulo α com a direcção de ε_I.

Problema I — Medidas as extensões segundo três direcções que se cruzam num ponto e que fazem entre si ângulos de 45°, determinar as extensões principais no ponto considerado.

Este é o problema que se apresenta quando se mede o estado de deformação num ponto com rosetas de extensómetros em estrela fig. 5.

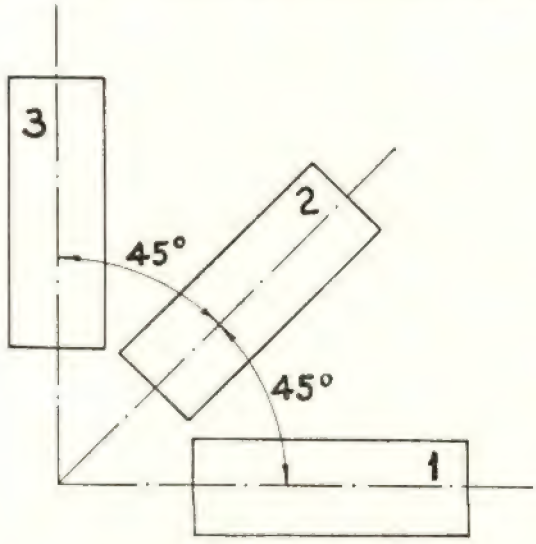


Fig. 5

Sejam ε_1, ε_2 e ε_3 as extensões medidas segundo aquelas direcções, tomadas com o sinal + quando correspondam a aumento de comprimento e com o sinal — no caso contrário. Atendendo às propriedades do círculo de Mohr, o problema resolve-se com grande simplicidade por meio deste

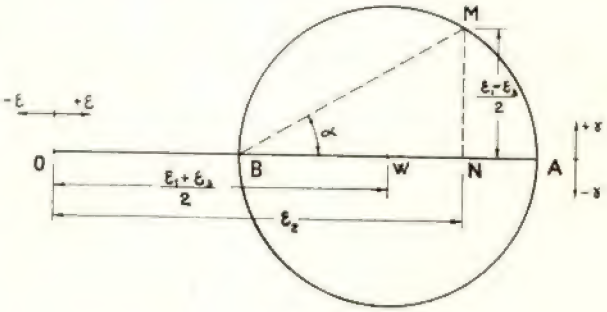


Fig. 6

método gráfico. Com efeito fig. 6 o centro W do círculo de Mohr é obtido com a expressão:

$$OW = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2}$$

O ponto M figurativo da deformação elementar dum segmento elementar com a direcção 2 tem por componentes:

$$ON = \varepsilon_2$$

$$MM = \frac{\gamma_2}{2} = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$$

Tendo o centro e um dos seus pontos pode traçar-se o círculo de Mohr obtendo-se por intersecção as extensões principais

$$OA = \varepsilon_I$$
$$OB = \varepsilon_{II}$$

e o ângulo α que a primeira fez com a direcção 2.

Pretendendo resolver analìticamente tem-se:

$$\left.\begin{matrix}\varepsilon_I \\ \varepsilon_{II}\end{matrix}\right\} = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 + \varepsilon_3) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2 + (2\,\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3)^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\,\alpha = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2\,\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3} \qquad (5)$$

Problema II — Medidas as extensões segundo três direcções fazendo entre si ângulos de 60°, determinar o estado de deformação no ponto considerado fig. 7. É o caso da medição de extensões com rosetas em triângulos [1].

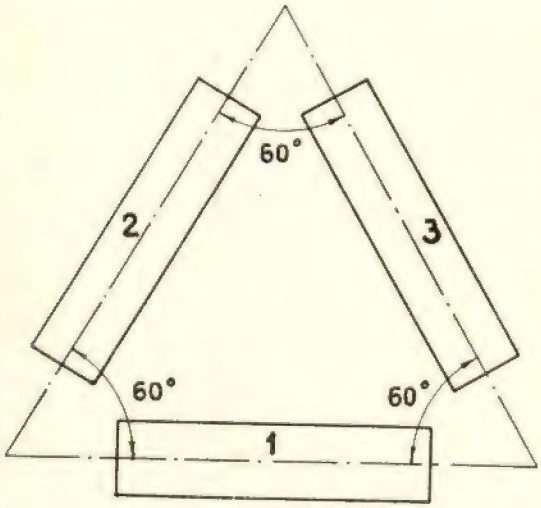


Fig. 7

Sejam ε_1, ε_2 e ε_3 as extensões medidas segundo aquelas direcções. Atendendo às convenções do problema anterior marca-se fig. 8

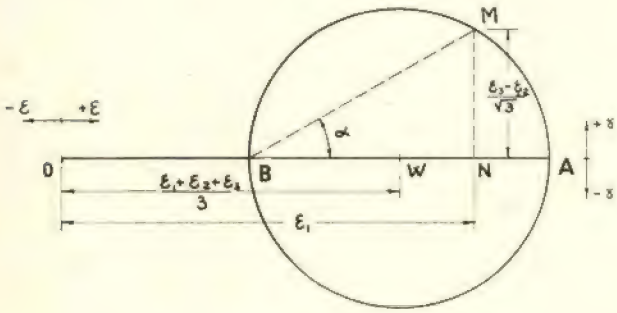


Fig. 8

o centro do círculo de Mohr a partir da expressão

$$OW = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$$

Marca-se o ponto figurativo dum segmento deformado com a direcção 1 com

$$ON = \varepsilon_1$$

$$NM = \gamma/_2 = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\sqrt{3}}$$

Com centro em W traça-se uma circunferência passando por M e obtém-se por intersecção as extensões principais

$$OA = \varepsilon_I$$

$$OB = \varepsilon_{II}$$

e o ângulo α que a primeira faz com a direcção 1.

Pretendendo resolver analìticamente tem-se:

$$\left.\begin{matrix}\varepsilon_I \\ \varepsilon_{II}\end{matrix}\right\} = \frac{1}{3}(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3) \pm$$

$$\pm \frac{1}{3}\sqrt{3(\varepsilon_3 - \varepsilon_2)^2 + (2\,\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\,\alpha = \frac{(\varepsilon_3 - \varepsilon_2)\sqrt{3}}{2\,\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - \varepsilon_3} \qquad (6)$$

3. Análise do estado de tensão

As relações lineares que a teoria da elasticidade estabelece entre as deformações elementares e as tensões deformantes reduzem-se no equilíbrio plano a:

$$\left\{\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\,\sigma_y) \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\,\sigma_x) \\ \gamma &= \frac{\tau}{G} \end{aligned}\right. \qquad (7)$$

ou inversamente:

$$\left\{\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_x + \nu\,\varepsilon_y) \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\nu^2}(\varepsilon_y + \nu\,\varepsilon_x) \\ \tau &= G\,\gamma \end{aligned}\right. \qquad (8)$$

(1) Nalgumas rosetas em triângulo existe uma quarta grade perpendicular à direcção 1 devendo verificar-se $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_4}{2}$

nas quais E, G e ν, respectivamente módulo de elasticidade longitudinal, transversal e coeficiente de Poisson são constantes características do meio, havendo entre elas a seguinte relação

$$G = \frac{1}{2(1+\nu)} E \qquad (9)$$

As elipses das deformações e das tensões têm portanto os eixos coincidentes havendo entre a tensão resultante sobre uma faceta e a normal a esta, relação análoga à existente entre o segmento deformado e o segmento primitivo. Tudo o que se disse relativamente à elipse das deformações é aplicável à elipse das tensões. Assim, a tensão principal σ_I é dada pelo semi-diâmetro OM da elipse das tensões cuja direcção é conjugada com a direcção da faceta na cónica directriz.

A determinação da tensão normal e tangencial sobre uma faceta qualquer de orientação conhecida pode fazer-se com grande simplicidade traçando o círculo de Mohr das tensões.

Com origem num ponto O e com um sentido convencional trace-se sobre uma recta $OA' = \sigma_I$ e $OB' = \sigma_{II}$ iguais às tensões principais no ponto considerado fig. 9. O círculo de Mohr das tensões, tem como centro o ponto W à distância $OW = \frac{\sigma_I + \sigma_{II}}{2}$ da origem e como diâmetro $A'B' = \sigma_I - \sigma_{II}$. A abcissa e a ordenada de qualquer dos seus pontos mede a tensão normal e tangencial sobre uma faceta cuja normal faça um ângulo α com a direcção principal I.

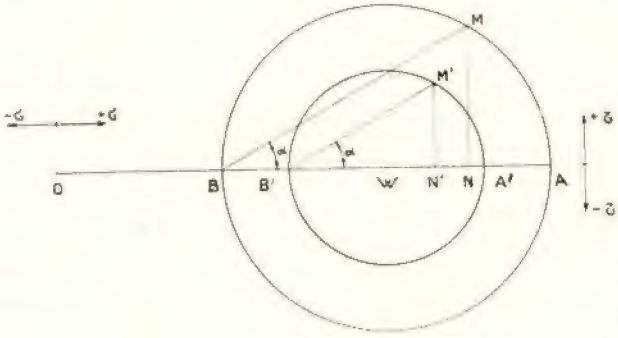


Fig. 9

Isto é:

$$ON' = \sigma$$
$$N'M' = \tau$$

respectivamente, ordenada e abcissa dum ponto M do círculo de Mohr que faz com o eixo OA um ângulo inscrito igual a α.

Pode utilizar-se a construção do círculo de Mohr das deformações para o cálculo gráfico das tensões principais. Com efeito sendo

$$\frac{\frac{\varepsilon_I + \varepsilon_{II}}{2}}{\frac{\sigma_I + \sigma_{II}}{2}} = \frac{1-\nu}{E} = \text{const.} \qquad (10)$$

o centro do círculo de Mohr das deformações coincide com o centro do círculo de Mohr das tensões desde que se multipliquem os valores lidos na escala das deformações pela constante $\frac{E}{1-\nu}$. Nesta conformidade, o raio do círculo de Mohr das tensões é igual a $\frac{1-\nu}{1+\nu}$ vezes o raio do círculo de Mohr das deformações como é fácil verificar.

Com efeito da fig. 9 tira-se

$$\frac{WA'}{WA} = \frac{\frac{\sigma_I - \sigma_{II}}{2}}{\frac{\varepsilon_I - \varepsilon_{II}}{2} \times \frac{E}{1-\nu}} = \frac{1-\nu}{1-\nu}$$

Com estes elementos podem resolver-se gràficamente todos os problemas de extensometria à plana, como sejam o da determinação das tensões máximas num ponto a partir das extensões medidas segundo três direcções (Problema das rosetas).

Pode ainda compreender-se fàcilmente o princípio do extensómetro em V conhecido pelo nome de tensómetro eléctrico [3]. Com efeito, desde que se disponha a grade sensível segundo duas direcções igualmente inclinadas sobre o eixo do extensómetro e com um valor tal que a média das extensões lidas corresponda à tensão normal

segundo o eixo, as leituras feitas correspondem às tensões normais segundo o eixo à escala $\frac{E}{1-\nu}$.

Ora é fácil verificar pela figura 10 que o coseno do ângulo α entre as duas direc-

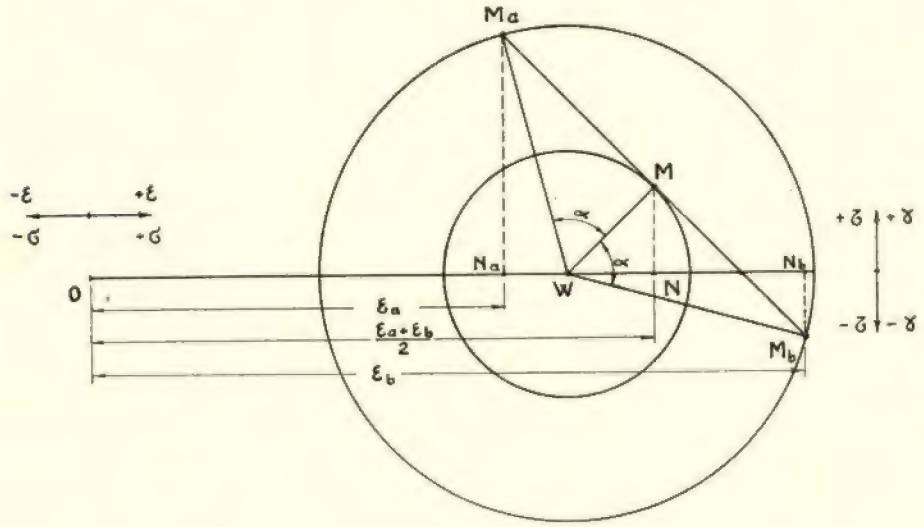


Fig. 10

ções deverá ser igual à relação entre os dois raios que, como se demonstrou, é igual a $\frac{1-\nu}{1+\nu}$. Isto é, nos tensómetros utilizados em superfícies metálicas ($\nu \cong 0{,}3$), α deve ser igual a 60° aproximadamente.

Problema III — Conhecido o estado de tensão num ponto, provocado por duas acções independentes, determinar o estado de tensão resultante da sobreposição dos dois efeitos.

Este problema aparece frequentemente no estudo experimental do estado de tensão dum sólido submetido a solicitações compostas, visto que se torna por vezes muito mais simples analisar parcialmente os efeitos de cada uma das acções isoladamente e somá-las, o que é válido, desde que se admita o princípio da sobreposição de efeitos.

O problema posto resolve-se fàcilmente através das propriedades do círculo de Mohr. Sejam com efeito σ_{Ia} e σ_{IIa} as tensões principais num ponto dum sólido devido à acção A fig. 11 e σ_{Ib} e σ_{IIb} as tensões principais nesse mesmo ponto devido à acção B.

Partindo, por exemplo, do círculo de Mohr representativo do estado de tensão devido à acção A, determina-se a tensão normal σ_a e tangencial τ_a que existem na faceta onde actua a tensão principal σ_{Ib}. Seja M o ponto do círculo de Mohr representativo das ten-

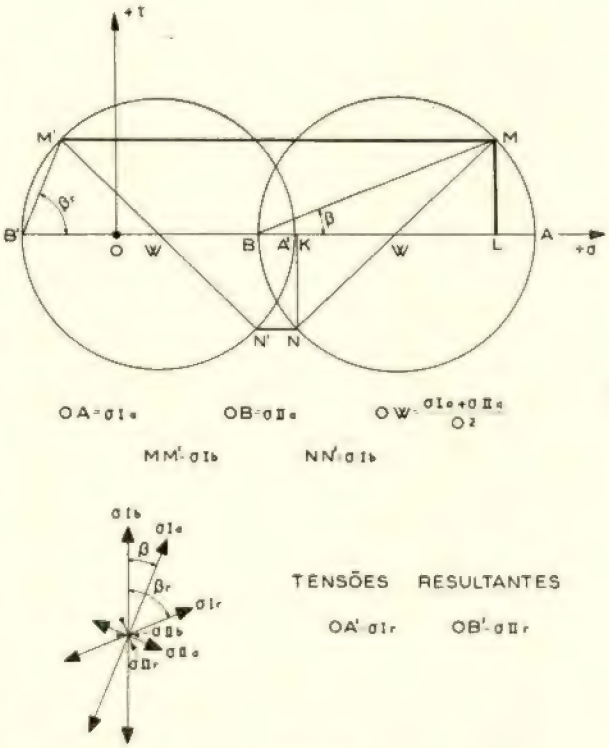


Fig. 11

sões na referida faceta o qual é determinado a partir do ângulo β que fazem entre

si as tensões σ_{Ia} e σ_{Ib}, marcado no sentido convencional. As tensões normal e tangencial devido ao efeito A na faceta onde actua a tensão principal σ_{Ib} será:

$$\sigma_a = OL$$
$$\tau_a = LM$$

O estado de tensão devido à acção A na faceta onde actua a tensão principal σ_{IIb} será representada pelo ponto N diametralmente oposto a M no referido círculo de Mohr e terá por componentes:

$$\sigma'_a = OK$$
$$\tau'_a = -\tau_a = KN$$

Somando aos pontos M e N os vectores $\overrightarrow{MM'}$ e $\overrightarrow{NN'}$ equivalentes às tensões σ_{Ib} e σ_{IIb} na escala e sentido convencional, obter-se-ão os pontos M' e N' representativos do estado de tensão resultante das acções A + B. O círculo de Mohr representativo do estado de tensão resultante fica assim completamente determinado pelos pontos M' e N' que lhe pertencem e são diametralmente opostos.

As tensões principais do estado de tensão resultante serão portanto

$$\sigma_{Ir} = OA'$$
$$\sigma_{IIr} = OB'$$

fazendo σ_{Ir} um ângulo β_r com a tensão σ_{Ib} medido no sentido arbitrado inicialmente.

4. Ábacos para resolução de rosetas de extensómetros

Ultimamente os métodos de investigação experimental dos estados de tensão a partir da leitura de extensómetros têm-se generalizado por tal forma que o seu cálculo é normalmente entregue a pessoal a quem escapa por vezes o sentido real das operações analíticas ou gráficas que efectua. Por isso, para evitar erros, tem-se procurado mecanizar este trabalho, quer pela elaboração de ábacos, quer utilizando máquinas de calcular (P. S. A. vol. III n.º 2 vol. IV n.º 2).

No Laboratório Nacional de Engenharia Civil, tivemos ocasião de elaborar dois ábacos para o cálculo das tensões principais em materiais pétreos e metálicos a partir do resultado das leituras de rosetas em estrela ou triângulo.

Estes ábacos fig. 12 e 13 são aplicáveis a rosetas em estrela ou triângulo formadas com qualquer tipo de extensómetros, desde que o material onde estejam montadas possua um coeficiente de Poisson igual ou pouco diferente de 0,2 (ábaco 1) ou 0,3 (ábaco 2).

INSTRUÇÕES

Determinação de α

Entrar na primeira vertical com ε_2 (rosetas a 45°) ou com ε_1 (rosetas a 60°) atendendo ao respectivo sinal.

— Entrar na segunda vertical com $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2}$ (rosetas a 45°) ou com $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{\sqrt{3}}$ (rosetas a 60°) atendendo ao respectivo sinal.

— Unir os pontos assim obtidos com a quarta vertical.

— Entrar na graduação média da quinta vertical com $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$ (rosetas a 45°) ou $\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{3}$ (rosetas a 60°) com um sinal tal que a recta que une o ponto assim obtido com o anterior intersecte a horizontal dos $\alpha\alpha$.

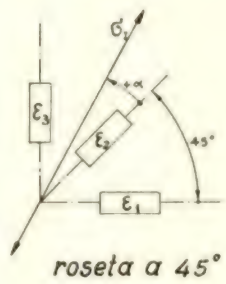
— O ângulo α contado a partir do eixo indicado na figura é dado em valor absoluto pelo ponto de intersecção e é positivo ou negativo (sentido positivo indicado na figura) conforme se tomou ou não $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$ ou $\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\sqrt{3}}$ com o verdadeiro sinal.

Determinação de σ_I e σ_{II}

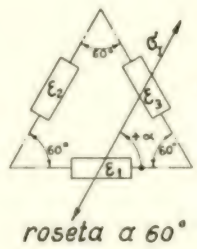
— Entrar na graduação extrema da quinta vertical com $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$ (rosetas a 45°) ou com $\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\sqrt{3}}$ (rosetas a 60°) utilizando a parte inferior ao ábaco se este valor tiver o mesmo

CÁLCULO DAS TENSÕES PRINCIPAIS

1



roseta a 45°



roseta a 60°

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – extensões em 10^{-6}

σ_I, σ_{II} – tensões principais em $Kg.cm^{-2}$
para $E = 10000$ $\mu = 0,2$

α { roseta a 45° – ang. σ_I com ε_2 ; roseta a 60° – ang. σ_I com ε_1 } + −

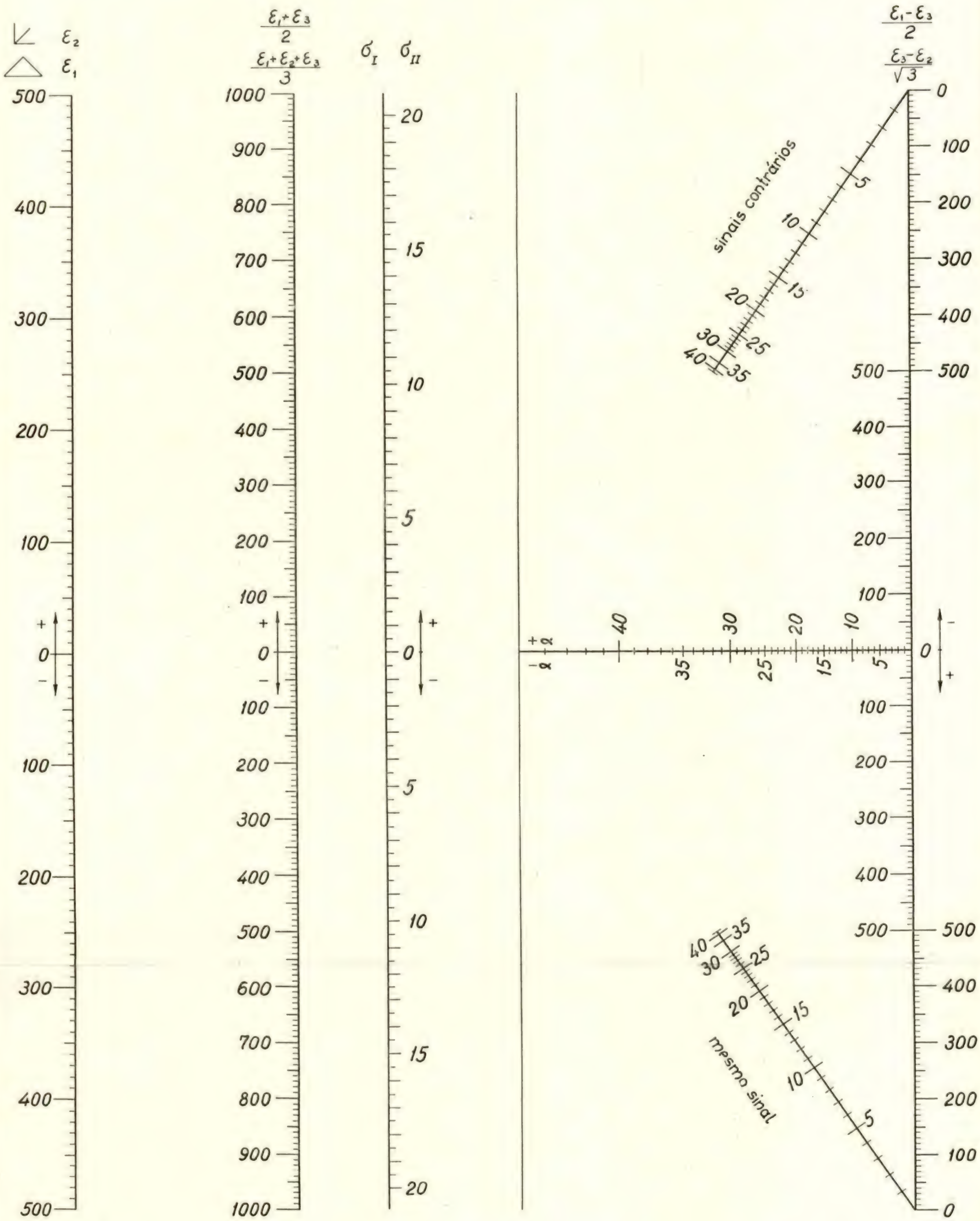
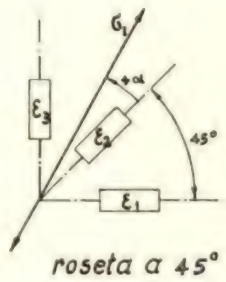


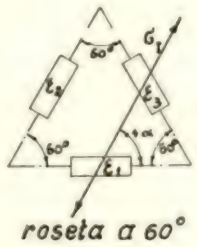
Fig. 12

CÁLCULO DAS TENSÕES PRINCIPAIS

2



roseta a 45°



roseta a 60°

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – extensões em 10^{-6}

σ_I, σ_{II} – tensões principais em $Kg.cm^{-2}$
para $E = 100.000$ $\mu = 0,3$

α [roseta a 45° – ang. σ_I com ε_2 ; roseta a 60° – ang. σ_I com ε_1]

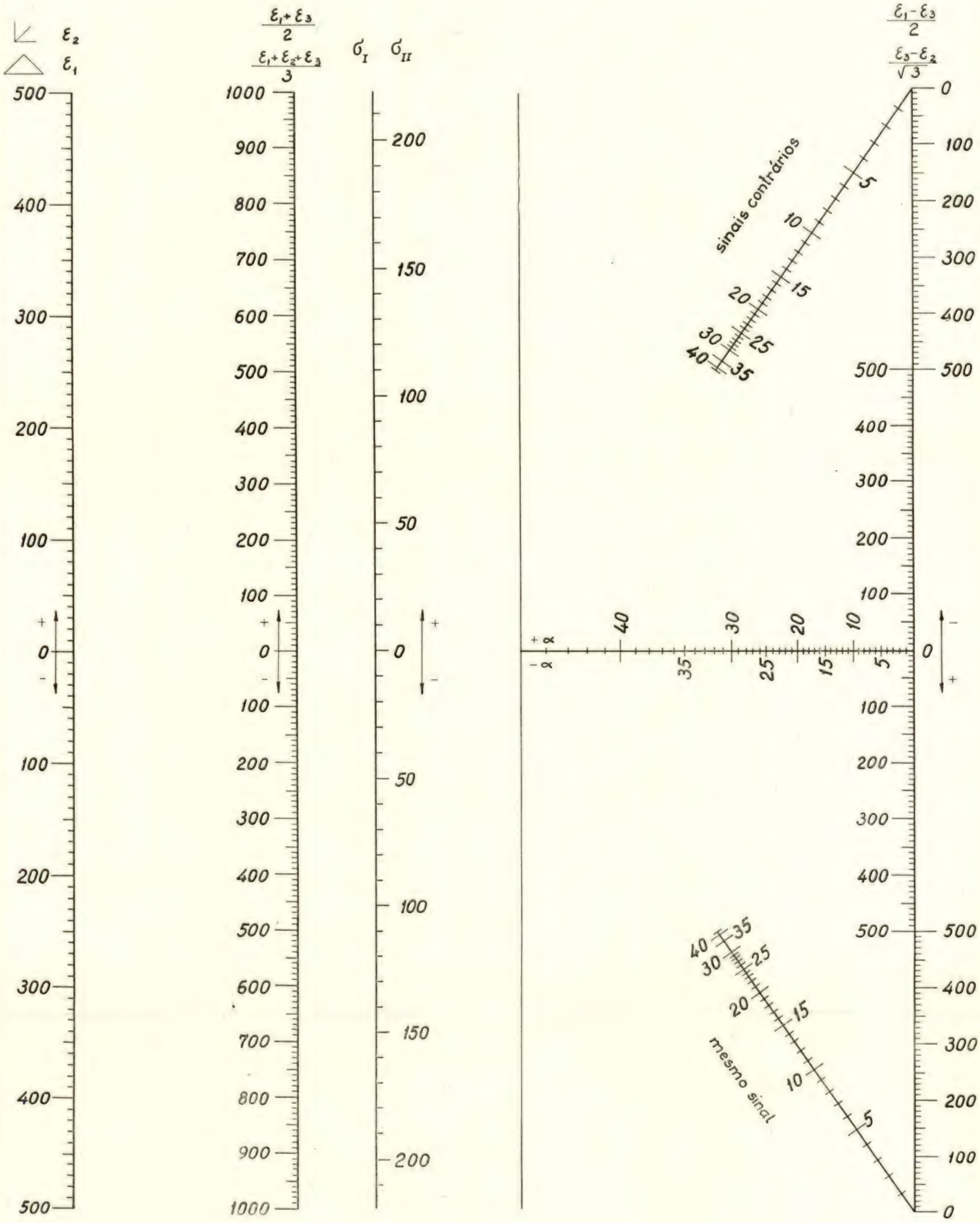


Fig. 13

sinal de α e a parte superior se tiver sinal contrário. — Determinar na quarta vertical o ponto que se obtém ligando o ponto anterior com o valor de α tomado nas escalas oblíquas. — Unir o ponto assim obtido com $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2}$ (rosetas a 45°) ou com $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$ rosetas a 60°) atendendo ao respectivo sinal.

O ponto de intersecção na terceira vertical mede em grandezas sinal a tensão σ_I num material de módulo de elasticidade igual a 10.000 e de coeficiente de Poisson igual a 0,2 ou 0,3 conforme se trate do ábaco 1 ou do ábaco 2.

Procedendo anàlogamente mas partindo de $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$ ou $\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\sqrt{3}}$ tomados no outro extremo da escala obtém-se σ_{II}.

Nota — No caso particular de $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$ ou $\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\sqrt{3}}$ serem iguais a zero o valor de α é zero, determinando-se σ_I e σ_{II} como se o segmento intersectado na quarta vertical fosse igual a metade do valor encontrado quando se pretende calcular o valor de α.

Se $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3$, a determinação gráfica das tensões principais é indeterminada visto tratar-se dum ponto isotrópico de tensões no qual não existem direcções privilegiadas.

O valor das tensões segundo qualquer direcção é constante, reduzindo-se o círculo de Mohr a um ponto.

5. Determinação do estado de tensão no interior dum sólido — Problema da auscultação

Conhecida a orientação duma faceta através dos cosenos directores α, β e γ dum vector unitário normal a faceta (versor) as componentes $\sigma\alpha$, $\sigma\beta$ e $\sigma\gamma$ da tensão sobre a referida área elementar são:

$$\begin{cases} \sigma\alpha = \sigma_x \alpha + \tau_{yx} \beta + \tau_{zx} \gamma \\ \sigma\beta = \tau_{xy} \alpha + \sigma_y \beta + \tau_{zy} \gamma \\ \sigma\gamma = \tau_{xz} \alpha + \tau_{yz} \beta + \sigma_z \gamma \end{cases} \qquad \begin{cases} \tau_{yx} = \tau_{xy} \\ \tau_{xz} = \tau_{xz} \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} \end{cases} \qquad (11)$$

Esta expressão, deduzida a partir do equilíbrio do tetraedro elementar fig. 14 permite calcular a tensão sobre qualquer faceta que passe pelo ponto a partir das tensões normais e tangenciais em 3 outras facetas ortogonais que contenham os eixos

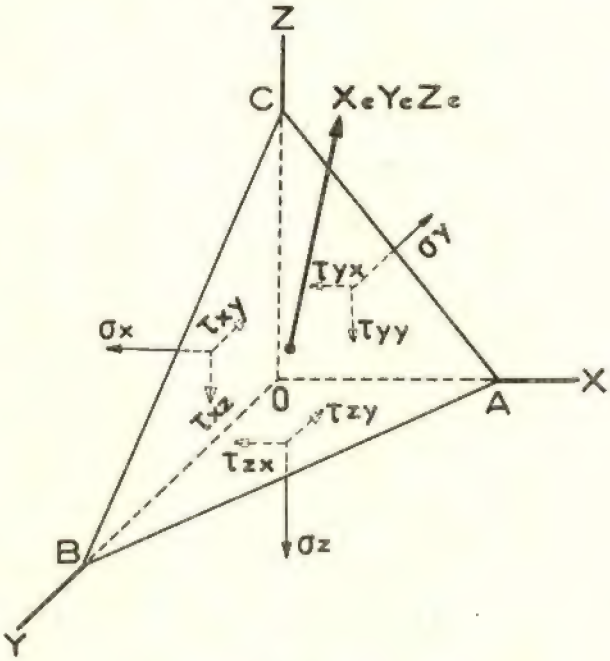


Fig. 14

coordenados. Vê-se assim que o vector tensão $\bar{\sigma}$ é uma função vectorial linear (tensor) do versor $\vec{v}$ definido pelas suas componentes que são os cosenos directores da normal à faceta:

$$\alpha = f(\vec{v})$$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = \sigma \\ v_y = \beta \\ v_z = \gamma \end{cases} \qquad \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1$$

Eliminando α, β e γ no sistema (11) obtém-se:

$$\sigma^3 - (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)\,\sigma^2 + (C_{xx} + C_{yy} + C_{zz})\,\sigma - D = 0 \qquad (12)$$

sendo

$$C_{xx} = \sigma_y \sigma_z - \tau^2_{yz}$$
$$C_{yy} = \sigma_x \sigma_z - \tau^2_{xz}$$
$$C_{zz} = \sigma_x \sigma_y - \tau^2_{xy}$$

sendo D o desenvolvimento do seguinte determinante:

$$D = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{yx} & \tau_{zx} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{zy} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{vmatrix}$$

Demonstra-se que a equação (2) tem sempre três raízes reais que correspondem às três tensões principais no ponto considerado.

$$\sigma_I \geq \sigma_{II} \geq \sigma_{III}$$

Isto é, conhecidas as tensões normais e tangenciais sobre 3 facetas ortogonais dum tetraedro elementar com vértice num ponto, a expressão (12) permite calcular as tensões principais nesse ponto. A orientação das tensões principais pode em seguida determinar-se substituindo na expressão (11) $\sigma\alpha$, $\sigma\beta$ e $\sigma\gamma$ respectivamente por $\sigma_I\alpha$, $\sigma_I\beta \ldots$ $\sigma_{II}\alpha$, $\sigma_{II}\beta \ldots$ e $\sigma_{III}\alpha$, $\sigma_{III}\beta \ldots$ e calculando para cada um dos sistemas de equações obtidas, os cosenos directores das tensões principais.

O problema inverso da determinação da tensão normal e tangencial numa faceta qualquer de orientação conhecida através dos seus cosenos directores α, β e γ em relação ao sistema trirectangular definido pelas tensões principais σ_I, σ_{II} e σ_{III} pode fazer-se com maior simplicidade gràficamente, utilizando o diagrama de Mohr.

Com origem no ponto O escolhido sobre um segmento de recta e com o sentido convencional, marque-se OA, OB e OC respectivamente iguais a σ_I, σ_{II} e σ_{III} fig. 15. Tracem-se 3 circunferências com centro no segmento de recta escolhida e diâmetros AC, AB e BC. O ponto representativo do estado de tensão numa faceta cuja normal tem por cosenos directores $\alpha = \cos \alpha_o$ $\beta = \cos \beta_o$ $\gamma = \cos \gamma_o$ relativamente aos 3 eixos coordenados coincidentes respectivamente com σ_I, σ_{II} e σ_{III} obtém-se do seguinte modo: traçam-se as rectas $\overline{AP'_2}$ e $\overline{CP'''}$ formando com as normais em A e C respectivamente os ângulos α_o e γ_o, com centro em W_1 e W_2 traçam-se os arcos $\widehat{P'_2 P''_3}$ e $\widehat{P'''_2 P''_1}$ que se demonstra serem os lugares geométricos dos pontos representativos das facetas que possuem $\alpha = \cos \alpha_o = \text{const.}$ e $\gamma = \cos \gamma_o = \text{const.}$ O cruzamento dos dois arcos define portanto o ponto P representa-

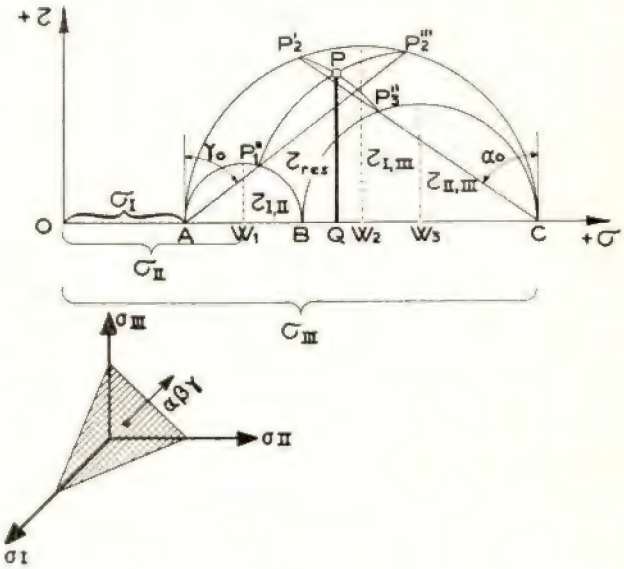


Fig. 15

tivo do estado de tensão na faceta sendo a tensão normal

$$\sigma = OQ$$

e a tensão tangencial resultante

$$\tau = QP$$

Problema IV — Medidas as deformações unitárias de 6 segmentos orientados segundo as arestas dum tetraedro trirectangular, determinar o estado de tensão no ponto considerado.

É o problema da auscultação, visto que se colocam em geral nos pontos do maciço de betão em que se pretende determinar o estado de tensão grupos de extensómetros com esta disposição relativa.

Dado o carácter tensorial do estado de deformação em torno dum ponto pode anàlogamente escrever-se:

$$\begin{cases} \varepsilon\alpha = \varepsilon_x \alpha + b_{xy} \beta + b_{xz} \gamma \\ \varepsilon\beta = b_{yz} \alpha + \varepsilon_y \beta + b_{yz} \gamma \\ \varepsilon\gamma = b_{zx} \alpha + b_{zy} \beta + \varepsilon_z \gamma \end{cases} \qquad (13)$$

na qual ε representa a deformação unitária dum segmento unitário cujos cosenos direc-

tores iniciais são α, β e γ; em que ε_x, ε_y e ε_z são as deformações unitárias segundo OX, OY e OZ; e em que $b_{xy} = b_{yx}$ $b_{xz} = b_{zx}$ e $b_{yz} = b_{zy}$ são as variações angulares que experimentam estes três eixos coordenados:

$$\begin{cases} b_{xy} = \dfrac{\gamma_{xy}}{2} \\ b_{yz} = \dfrac{\gamma_{yz}}{2} \\ b_{zx} = \dfrac{\gamma_{zy}}{2} \end{cases}$$

Anàlogamente se obteria eliminando α, β e γ no sistema (13)

$$\varepsilon^3 - (\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z)\ \varepsilon^2 + (C_{xx} + C_{yy} + C_{zz})\ \varepsilon - D = 0 \qquad (14)$$

sendo:

$$C_{xz} = \varepsilon_y\, \varepsilon_z - b^2_{yz} \quad C_{yy} = \varepsilon_x\, \varepsilon_z - b^2_{xz}$$
$$C_{zz} = \varepsilon_x\, \varepsilon_y - b^2_{xy}$$

e sendo D o desenvolvimento do determinante:

$$D = \begin{vmatrix} \varepsilon_x & b_{yx} & b_{zx} \\ b_{xy} & \varepsilon_y & b_{zy} \\ b_{xz} & b_{yz} & \varepsilon_z \end{vmatrix}$$

As três raízes da equação (14) são as extensões principais ε_I, ε_{II} e ε_{III} podendo portanto calcular-se o valor destas a partir do conhecimento dos 6 parâmetros ε_x, ε_y, ε_z, $b_{yz} = b_{xy}$, $b_{zx} = b_{xz}$ e $b_{yz} = b_{zy}$.

Sejam ε_x, ε_y, ε_z, ε_{xy}, ε_{xz} e ε_{xy} fig. 16, as extensões medidas nas 6 arestas do tetraedro, três das quais se consideram como o sistema de eixos de referência. É fácil verificar que:

$$b_{xy} = b_{yx} = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} - \varepsilon_{xy}$$

$$b_{xz} = b_{zx} = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_z}{2} - \varepsilon_{xz}$$

$$b_{yz} = b_{zy} = \frac{\varepsilon_y + \varepsilon_z}{2} - \varepsilon_{yz}$$

ficando assim conhecidos todos os coeficientes da equação (14) que resolvida nos fornece os valores das três extensões principais ε_I, ε_{II} e ε_{III}. A resolução da equação

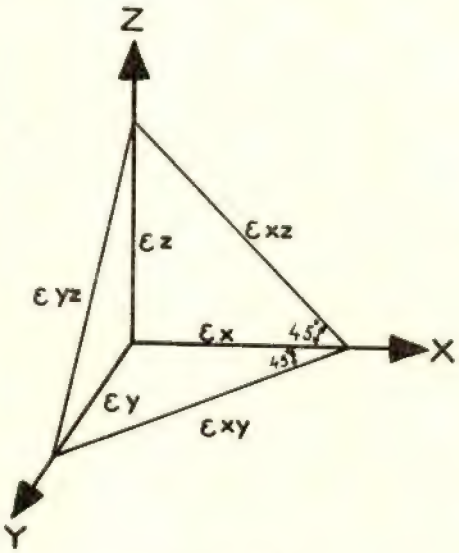


Fig. 16

do 3º grau pode fazer-se com grande simplicidade e suficiente precisão utilizando o ábaco de 3 entradas que adiante se apresenta fig. 17 [4].

Conhecidas as extensões principais o cálculo das tensões principais σ_I, σ_{II} e σ_{III} faz-se fàcilmente a partir das expressões generalizadas derivadas da lei de Hook:

$$\begin{cases} \sigma_I = \dfrac{E}{1+\nu}\left[\varepsilon_I + \dfrac{\nu}{1-2\nu}(\varepsilon_I + \varepsilon_{II} + \varepsilon_{III})\right] \\ \sigma_{II} = \dfrac{E}{1+\nu}\left[\varepsilon_{II} + \dfrac{\nu}{1-2\nu}(\varepsilon_I + \varepsilon_{II} + \varepsilon_{III})\right] \\ \sigma_{III} = \dfrac{E}{1+\nu}\left[\varepsilon_{III} + \dfrac{\nu}{1-2\nu}(\varepsilon_I + \varepsilon_{II} + \varepsilon_{III})\right] \end{cases} \qquad (15)$$

a orientação das extensões principais que coincide com a orientação das tensões principais pode calcular-se resolvendo 3 vezes o sistema de equações (13) no qual se substitui ε sucessivamente por ε_I, ε_{II} e ε_{III}.

6. Ábaco para resolução da Equação: $x^3 + Ax^2 + Bx + C = 0$ [5]

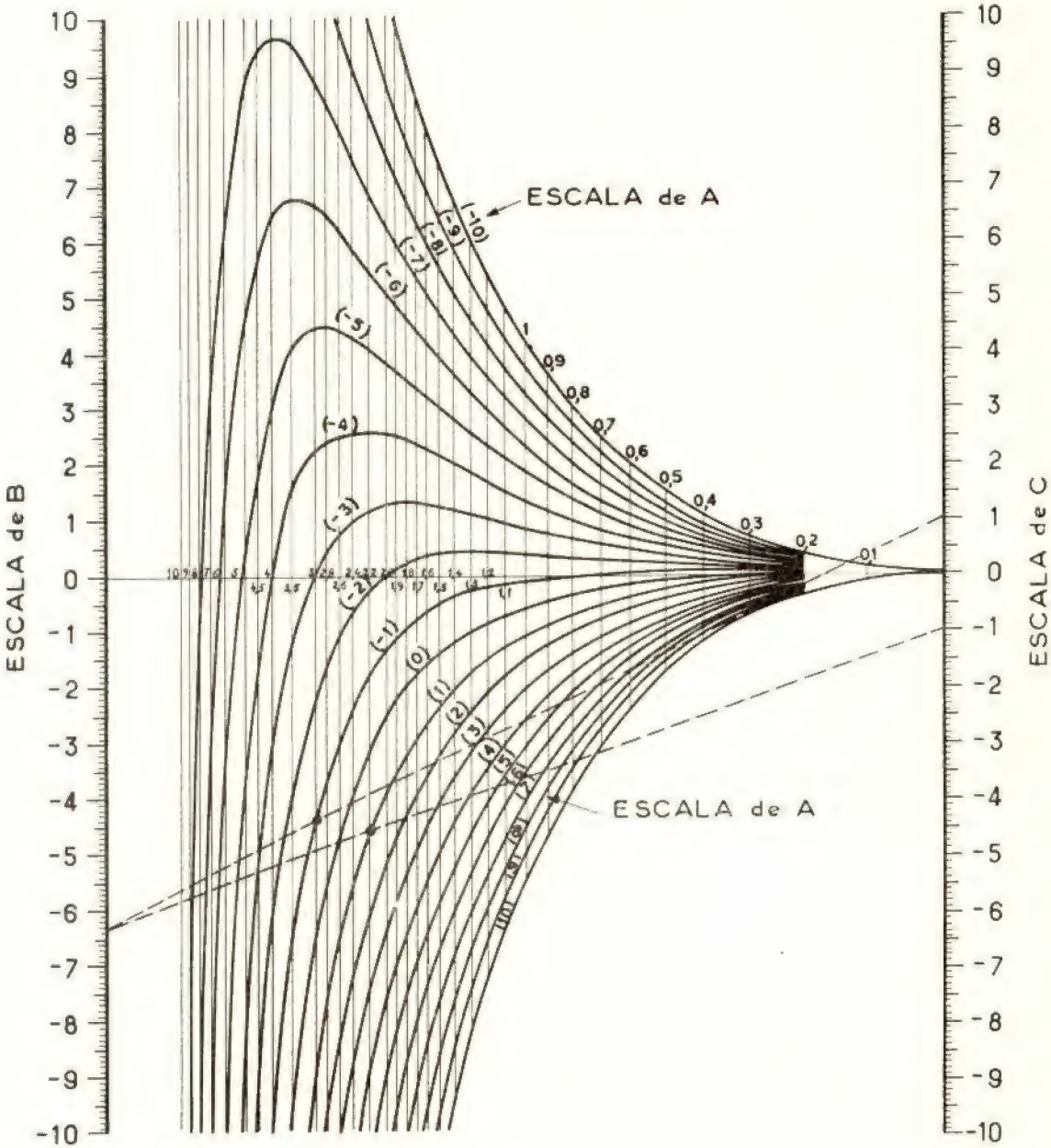


Fig. 17

INSTRUÇÕES

Unir os pontos correspondentes aos valores dos parâmetros B e C da equação. As duas primeiras raízes da equação são dadas pelas abcissas dos dois pontos de intersecção com a curva correspondente ao valor do parâmetro A.

Para obter a 3.ª raíz efectuar idêntica construção mudando o valor de C em (— C) e o valor de A em (— A).

BIBLIOGRAFIA

[1] — LOVE — A Treatise on Mathematical Theory of Elasticity. Dover Publication — New York.

[2] — ARANGOÁ — Elasticidad Teórica y Experimental — Editorial Dossat, S. A. — Madrid.

[3] — J. F. LOBO FIALHO — Extensómetros Eléctricos de Resistência — Descrição e Técnica de Medida. — Técnica, Fevereiro de 1954.

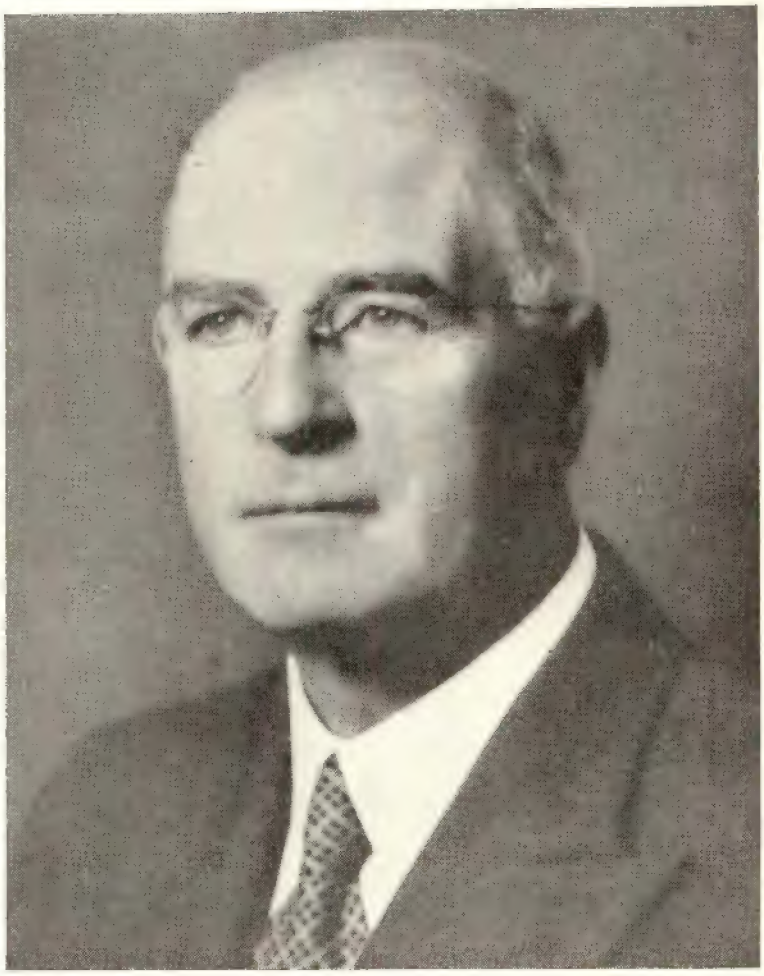
[4] — M. HARMON — La Recherche des Contraintes Principales das un Massif a partir d'un tetraedre de Tensions Sonores — Bulletin du Service Tecnique des Grands Barrages — Outubro 1946, N.º 11.

P. S. A. — Proceedins of Stress Analysis.

[5] — M. D'Ocagne — Traité de Nomographie — Gauthier — Villars — Paris 1921.

Un grand chimiste disparait: James W. McBain

PAR DR. PIERRE A. LAURENT
Prof. I. S. T.



La mort de McBain a fait un grand vide dans le monde des chercheurs ainsi que dans le coeur de ses nombreux amis.

Sa famille, d'origine écossaise, était établie au Canada (Chatham, New Brunswick) quand James William naquit le 22 Mars 1882. Il était l'aîne de cinq enfants.

Il fit ses études à l'Université de Toronto comme boursier puis alla compléter sa formation scientifique en Allemagne à Leipzig et à Heidelberg, où il fut l'élève de grands Maîtres comme Bodenstein, Nernst, Ostwald et Bredig. C'est à Heidelberg qu'il passe sa thèse.

Son premier poste universitaire fut à l'Université de Bristol, où il resta vingt ans, il prit une part active au développement de la jeune Université et finalement y fut «Leverhulme Professor» de la chaire de chimie-physique. Il y fut nommé Dr. Honoris Causa en reconnaissance de sa contribution efficiente.

Puis en 1927 il fut appelé à la Stanford University en Californie, où vingt autres années d'activité intense furent sanctionnées par de très nombreuses publications qui parfirent son renom mondial.

Il coopéra aussi activement à l'Université de Californie à San Francisco.

Atteint par la limite d'âge en 1949, il se rendit aux Indes à Poona (près de Bombay) sur l'invitation personnelle du Pandit Nehru, avec la mission d'y créer et organiser un grand Institut de Recherches, et d'en former les cadres.

Sa mission accomplie il revint dans sa maison de Palo Alto dans le campus de Stanford University, où il s'éteignait au milieu des siens le 12 Mars 1953 à la suite d'une crise cardiaque.

La mort de ce Maître laisse dans le coeur de tous ses élèves un vide cruel. Il était le type du Grand Patron, un chef d'école chez qui on venait de toutes les parties du

monde. Mais malgré cela il restait très près de ses étudiants gardant l'humour anglais, toujours dans la note estudiantine et demeurant simple et avenant.

Lorsqu'en en 1947 je fus son élève il n'y avait pas moins de vingt-deux chercheurs dans son laboratoire. C'était un véritable centre international. L'hindou y voisinait avec l'égyptien, le juif avec le bramane, le colonel démobilisé avec la religieuse et un certain nombre de post-graduates avec de très jeunes chercheurs. Pourtant, McBain trouvait malgré toutes ses occupations (en particulier ses travaux pour le Ministère de la Marine) le temps de s'occuper très personnellement de chacun de ses émules. Et je garde encore un souvenir ému au souvenir de ses fameuses réunions du lundi après midi, où chacun pouvait exposer ses resultats et où il y avait des discussions qui en faisaient parfois de véritables colloques.

Par l'envergure et l'originalité de ses idées, par sa ténacité dans la recherche, il savait allumer chez ses élèves la flamme de l'enthousiasme. par son contact étroit au sens humain et au sens scientifique, il savait entretenir cette flamme à travers les vicissitudes et les échecs inhérents à toute recherche.

Par ces deux qualités trop rarement réunies en un seul homme, il était un «Grand Patron».

Dans la direction de son laboratoire, McBain était secondé avec efficience par sa femme Evelyn, également chimiste de grande classe, travailleuse infatigable, donnant comme son époux l'exemple du labeur, arrivée avant tous et partie la dernière. D'ailleurs, comme McBain, elle semblait infatigable. Je ne me souviens pas une seule fois les avoir vus moins dispos à la fin d'une journée, toujours nantis d'un énorme potentiel d'énergies physique et intellectuelle.

Tout comme son mari, Evel savait ingagner les coeurs par son charme et sa douceur, qui en faisaient, là-bas en particulier, une femme exceptionnelle.

Ce qui rendait McBain tellement sympathique était sans doute sa grande simplicité, mais sussi tout son comportement. C'était un grand sportif, il avait été un grand amateur de football dans sa jeunesse, et resta fidèle au tennis, à la natation et à la voile jusqu'à la fin de sa vie. Il fut sans doute le premier et doit être encore le seul à avoir pratiqué la voile sur le lac Tahoe où je pus le connaître de plus près encore et devenir son ami.

Ses autres «hobbies» étaient en particulier l'étude de la musique (il jouait admirablement de la flûte), et de tous les arts en général. Il fut président du Rotary Club de Palo Alto en 1933 et de Poona en 1951. Il a toujours manifesté une pensée qui supprimait les frontières nationales. Pour lui la Science était Une et n'avait pas de Patrie.

Il adorait voyager, et quand cela lui était possible il répondait à toutes les invitatisns tant aux Etats-Unis que dans le reste du Monde. Celles-ci furent très nombreuses et très flatteuses, et ne lui firent faire le tour du monde pas moins de quatre fois. Ainsi il fut parmi les quinze savants américains invités au 220ème Anniversaire de la fondation de l'Académie des Sciences de Russie. Il y avait d'ailleurs déjà été en 1934 représenter la Royal Society au centenaire de Mendeleeff à Léningrad. Il y constata non sans surprise que son livre sur la Sorbtion (The sorbtion of gases and vapors by solids) avait été traduit en russe. Il fut invité à écrire une présentation de cette traduction. La vente de cet ouvrage dépassa 10 000 exemplaires en URSS (contre un peu plus de 1.000 pendant la même période dans les pays de langue anglaise). L'accumulation des droits d'auteur lui permirent, ainsi qu'à sa femme, d'avoir une existence très large et une grande indépendance quand ils y retournèrent en 1937 faire un cycle d'enseignement à l'Institut de Chimie-physique de Moscou.

Ses travaux firent de lui une personnalité que les sociétés savantes voulaient compter parmi leurs membres. Il fut ainsi l'objet de nombreuses distinctions parmi lesquelles je ne citerai que: le 21ème Symposium des colloïdes en 1947, qui fut appelé le «McBain colloid symposium», la flatteuse distinction d'être nommé membre honoraire à vie de la

Faraday Society, ou encore la médaille Davy de la Royal Society en 1939. On aurait d'ailleurs aussi pu mesurer son renom en comptant les savants qui se succédaient chez lui. Je me conviens ainsi d'avoir assisté à une réunion intime qu'il donna pour Svedberg d'Upsala qui venait le voir et à laquelle assistèrent par hasard un savant belge et un australien qui étaient venus le même jour! Et tout cela se passait sur la côte Pacifique et non pas à New-York!

À côté de ceux du savant, les caractères qui impressionnaient le plus chez McBain étaient la droiture et la grande bonté qui rayonnaient à travers ses yeux bleus, un des attraits de sa personnalité. Il avait à un haut degré le souci de ceux qui n'avaient rien. Jamais il ne passait à côté d'une situation nécessiteuse sans y apporter tant sa contribution personnelle que son appui officiel. Il était ainsi adoré de ses étudiants dont il connaissait tous les soucis. Dans le même esprit, il avait été amené pendant la guerre à recueillir chez lui deux jeunes réfugiés anglais et à être parrain de deux lycéennes et bien d'autres encore. Aux Indes, il fit tout ce qu'il put pour améliorer le sort de tous ceux qui l'ont approché.

Les travaux de McBain (386 mémoires principaux) quoique portant surtout sur la chimie colloïdale embrassent cependant des domaines très variés. Ainsi par suite de la guerre de 1914 il fut amené à s'occuper de questions inattendues, telles que celle des amalgames dentaires.

En se limitant à des points fondamentaux, il faut citer la verification quantitative de la validité du théorème de Gibbs aux propriétés des surfaces; il put montrer que les surfaces ne sont pas uniquement mono-moléculaires mais que les sous-couches sont orientées.

L'étude des surfaces l'amena à s'occuper d'adhésion où il apporta des contributions fondamentales. Il contribua aussi largement à approfondir la connaissance de la lubrification, des proprietés des mousses, l'absortion par les liquides ou solides. L'ensemble fut résumé dans son livre sur la sorption (1930).

Mais ce qui a fait connaitre le nom de McBain plus que tout, ce sont ses travaux sur la chimie physique des savons. Ils ont fait de lui le maître incontesté en ce domaine. Ses travaux ont été nommés du terme non exagéré de «soap Bible». Ils ont permis à l'industrie des savons de passer du domaine de l'empirisme à celui de Science.

Il découvrit et éclaircit la théorie des propriétés électrolytiques des colloïdes, introduisit les notion d'ion micelle de solubilisation. Ses déccuvertes dans ce domaine furent d'une manière tout à fait inattendue d'une grande utilité dans l'industrie du caoutchouc synthétique, ce qui apporta une contribution considérable à l'industrie de guerre américaine.

L'ensemble est résumé dans son livre «Textbook of Colloïd Science».

De ses succès expérimentaux, il faut attribuer une bonne part à son ingéniosité qui souvent lui faisait trouver des solutions simples à des problèmes techniquement difficiles. Et parmi ses réalisations je ne voudrai citer que son ultracentrifugeuse fonctionnant à pression d'air, sa balance de sorption qui permettait la mesure de micro-quantités adsorbées, et sa fameuse machine à écrémer la couche superficielle des solutions, constituée par un bac long de dix mètres surmonté de deux rails sur lesquels on envoyait à grande vstesse un chariot qui «rasait» la surface de la solution, et permettait ainsi d'approcher le problème de la composition des couches superficielles. Cette machine, qui existe encore à Stanford, a été surnommée «McBain's infernal machine»!

Un dernier hommage a été rendu à ce grand savant à Chicago le 22 Septembre 1953, dans un symposium McBain sous les auspices de l'American Chemical Society.

Le Portugal et la France une fois de plus associés y étaient représentés par un travail qu'il avait inspiré et qui a pu être mené à bien à l'Institut Supérieur Technique de Lisbonne.

DO MUNDO TÉCNICO

C. D. 624.1.04

O cálculo de fundações contínuas é muitas vezes conduzido de maneira errada

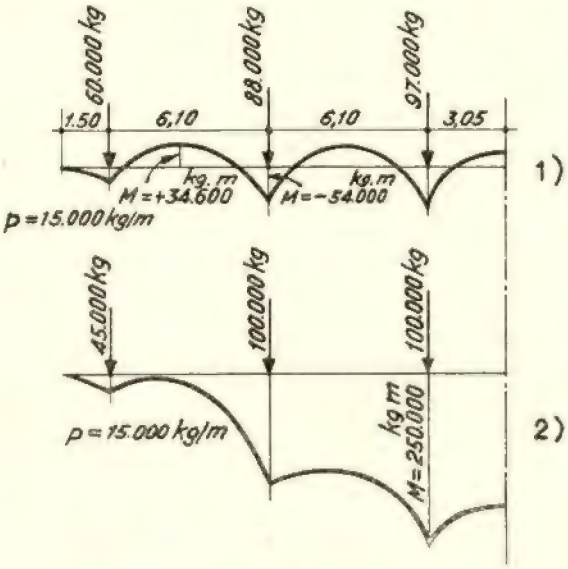
A. I. GARTNER, «Civil Engineering» Agosto 1953

No cálculo duma viga servindo de fundação a um conjunto de pilares, muitas vezes supõe-se que ela se comporta como viga contínua invertida, sujeita a uma carga uniformemente distribuida, igual à reacção do terreno. Os momentos flectores calculam-se então pela teoria das vigas contínuas com apoios de nível; finalmente, comparam-se as reacções de apoio resultantes deste cálculo com os valores das cargas efectivamente transmitidas por cada um dos pilares às vigas de fundação. Quando se chega, num determinado pilar, a uma diferença da ordem de 10, 20 ou mesmo 30 %, considera-se aceitável o cálculo. Só no caso desta divergência ser maior é que se tomam precauções, por exemplo variando localmente a largura da viga de fundação, isto é, a tensão transmitida ao terreno.

Este processo de cálculo é particularmente errado quando se trate dum terreno compressível, em que se verifiquem assentamentos diferentes sob cada pilar. Então, as reacções de apoio da «viga contínua invertida» obedecerão às leis de estática e não estarão necessàriamente ligadas com as cargas atribuídas aos pilares.

A verdadeira indeterminação do problema está no conhecimento da distribuição das tensões no solo, mas esta é considerada quási sempre como uniforme. Porém, fazer tal hipótese equivale a fixar os momentos flectores na viga de fundação, pois serão estàticamente determinados. Com efeito, o momento em qualquer secção da viga terá de ser igual à soma algébrica dos momentos das forças exteriores situadas de um dos lados da secção, considerando as cargas dos pilares transmitidas de cima para baixo, e a reação do terreno de baixo para cima. Este momento, e só este, representa o verdadeiro estado de tensão interna da viga de fundação, se a condição de distribuição das tensões no terreno for razoàvelmente verdadeira.

O diagrama dos momentos para uma viga contínua com carga uniformemente distribuida e apoios de nível, toma geralmente o aspecto da figura 1, com momentos alternadamente positivos e negativos em cada vão. No entanto, quando, nos pilares interiores, as cargas excederem consideràvelmente as reações teóricas, o verdadeiro diagrama de momentos será o indicado na figura 2. Não é raro que os momentos máximo sejam, no segundo caso, 10 vezes superiores aos do primeiro, para as mesmas cargas.



Recorre-se muitas vezes a um sistema de vigas de fundação em duas direcções, formando malha, no sentido de diminuir os assentamentos diferenciais. A hipótese de distribuição uniforme das pressões ao terreno deverá, em tais casos, ser feita com precaução. É bem conhecido que fundações de grande extensão nesses solos, tendem a encurvar para baixo, na parte central, ou seja que o «módulo da fundação» varia com a zona considerada, sendo menor ao centro. A fim de reduzir aquele efeito a um mínimo aceitável, é necessário carregar menos a parte central da fundação do que a periférica. Ainda que a lei de distribuição das cargas em muitas estruturas seja justamente a inversa, os elementos contínuos da fundação contribuem, por efeito da sua própria deformação, para transferir uma boa parte do pêso da construção do meio para a parte exterior. Quando se atende a este facto, os momentos máximos são aproximadamente 50 % superiores aos referentes à distribuição uniforme. Para que uma fundação contínua possa desempenhar bem a função de reduzir os assentamentos diferenciais, deve ser dimensionada para os momentos acima indicados, a fim de ter a necessária regidez. Doutro modo será muito flexível, e incapaz de servir para os fins desejados.

C. D. 517.56:518.5

Resolução de equações utilizando a régua de cálculo

A. N. BLACK, «Engineering», Janeiro 1950, pág. 102

A propósito do artigo anterior, vimos recordar que algumas das equações propostas podem ser resolvidas mais fàcilmente com auxílio da régua de cálculo. O método já não é novo, mas é pouco conhecido (1).

Tomemos numa régua de cálculo vulgar e designemos por A e B as duas escalas superiores (graduadas de 1 a 100) por C e D as escalas inferiores (1 a 10) e por C_i a escala dos inversos, impressa em muitas réguas a meio da regreta móvel. Se a régua não tiver escala dos inversos, retiremos a regreta e coloquemo-la de novo, mas de modo a ficar com as escalas invertidas, isto é, com a escala C transformada numa escala C_i.

A equação $x^3 + ax + b = 0$ resolve-se escrevendo-a sob a forma $x^2 + \frac{b}{x} = -a$.

Invertamos a regreta se necessário. Coloquemos o 1 da escala C ou B_i em correspondência com o valor b na escala D. Sendo k um valor aproximado da raiz, procuramos com o cursor o valor k na escala D. Nas escalas A e C_i lêem-se respectivamente x^2 e $\frac{b}{x}$, verificando-se se satisfazem à equação. Não satisfazendo, corrige-se por aproximações sucessivas o valor k.

Assim, para resolver a equação $x^3 - 988\,x - 9880 = 0$ proposta no artigo anterior, dividem-se as raízes por 10, o que obriga a dividir o coeficiente de x por 100 e o termo independente por 1000. Virá $x^2 \frac{9{,}88}{x} = 9{,}88$.

Coloquemos o 1 da escala C sobre o valor 9,88 da escala D, e com o cursor procuremos na escala D o valor $k = 3$. Na escala A lê-se $x^2 = 9$ e na escala C_i, $\frac{9{,}88}{3} = 3{,}3$. Teremos $9 - 3{,}3 = 5{,}7 < 9{,}88$.

Desloquemos o cursor até marcar 13 na escala A, por exemplo, lendo-se 2,74 na escala C_i ($13 - 2{,}74 = 10{,}26$ mais próximo que o anterior do verdadeiro valor). Deslocando o cursor para $A = 12{,}65$ obtém-se $C_i = 2{,}77$ e $12{,}65 - 2{,}77 = 9{,}88$ que é o valor dado pela equação. Na escala D o cursor indica então o valor da raiz $k = 3{,}56$.

Para resolver uma equação da forma $x^3 + a\,x^2 + b = 0$ ou $x + \frac{b}{x^2} = -a$, inverte-se a regreta, coloca-se o 1 de C_i em correspondência com o valor b em A. Então o cursor lê k em D e $\frac{b}{x^2}$ em B_i, ajustando-se a sua posição de modo a obter $-a$ pela soma dos dois valores.

No caso da régua de cálculo ter escala de cubos, também se pode resolver de maneira semelhante a equação $x^4 + ax + b = 0$.

Com uma escala de log log (designada por LL) a equação $e^x - ax - b = 0$ pode ser resolvida pela mesma via, utilizando a escala D para os valores de x, LL para e^x e ax em C.

Também a equação do 2.º grau pode ser resolvida pela régua de cálculo de maneira mais rápida do que pela conhecida fórmula resolvente. Sendo a $x^2 + b\,x + c = 0$ ou $x + \frac{c}{x} = -b$, ajusta-se o 1 da regreta com o valor c em D. Com o cursor procuram-se dois números em D e C_i cuja soma seja $-b$.

No caso da equação $x^2 + 400\,x = 580$ ou $\frac{580}{x} - x = 400$ coloca-se o 1 da escala C_i em correspondência com 580 na escala D. Com o cursor, para $C_i = 400$, $D = 1{,}45$ cuja diferença é 398,5. Para $C_i = 401{,}5$ é $D = 1{,}445$, cuja diferença é 400,055. Portanto as duas raízes são 1,445 e a outra, acidentalmente, $-401{,}5$.

Nota — O leitor interessado neste problema deverá consultar os números da «Técnica» de Abril de 1951, pág. 459 e Fevereiro 1952, pág. 307.

J. S. B. F.

(1) Este método é, há muito, ensinado no curso de Geometria Descritiva II do I. S. T.

BIBLIOTECA

REFERÊNCIAS SOBRE LIVROS RECEBIDOS

C. D. 629

Ciments et Bétons — *J. Cléret de Langavant* — Colecção Armand Colin — Paris 1953 — 192 pags.

Todos os especialistas a quem se põe o problema da escolha dum cimento — engenheiros, arquitectos, construtores — devem conhecer a natureza do material que vão empregar, e as suas propriedades, de modo a poderem concluir se ele é bom ou não para um determinado emprego, e quais as precauções necessárias para a sua utilização.

Este pequeno livro pretende resolver o problema duma forma prática e sucinta. Apresenta o cimento, não em relação ao fabricante, mas nos aspectos que possam interessar a quem o utiliza.

Numa primeira parte o autor faz um estudo geral teórico dos cimentos: composição, diferentes famílias de cimentos, condições de presa e endurecimento, fabricação e propriedades de cimentos, reacção no caso de mistura de cimentos, identificação e controle de cimentos.

A segunda parte da obra é consagrada à análise das normas homologadas em 1950, pela Associação Francesa de Normalização: precisa as características, propriedades e emprego dos cimentos normais, de uso corrente, e dos cimentos especiais, de uso restrito, bem como a escolha dum cimento para um determinado fim.

O livro termina pelas indicações relativas à dosagem do betão e exame das técnicas modernas

C. D. 621 — 27

«Epicyclic Gearins» — W. Brown - Kinematics & Tarque Distribution — Machinery's Yellow Back Series — N.º 33 — The Machinery Publishing Co Ltd. — London — Brighton — New York.

A maioria dos livros sobre engrenagens dedica alguns dos seus capítulos às engrenagens epicictóidais, além do que esporàdicamente se verifica o aparecimento de artigos sobre este assunto em publicações de engenharia.

Torna-se contudo necessária uma sintetização de conhecimentos sobre cinemática deste género de transmissões.

É objectivo desta publicação prover a essa necessidade para o que nela se faz a análise das transmissões simples a fim de familiarizar o leitor com os princípios fundamentais do estudo cinemático, seguida da síntese de transmissões para determinados fins. Inclui-se como aplicação o estudo da caixa de velocidades do tipo Wilson.

No capítulo final estuda-se a transmissão dos momentos de torsão neste tipo de engrenagens.

A exposição do assunto é acompanhada com exemplos númericos e esquemas e a linguagem matemática não exige mais do que expressões algébricas do 1.º grau e análise combinatória.

C. D. 741 : 621.888.4

«Graphical Spring Design» — Editor: The Machinery Publishing Co. Ltd. — Vol. 1, broch., págs. 64 — Machinery's Yellow Bach Series — N.º 32 — The Machinery Publishing Co. Ltd. — London — Brighton — New York.

No projecto das molas surgem muitas variáves algumas das quais podem ser impostas por limitações de espaço, energia de deformação, ou outros factores.

O tempo e o trabalho gastos na resolução das fórmulas podem ser reduzidos com o emprego de gráficos.

Esta publicação tem em vista precisamente auxiliar o projectista com um certo número de ábacos e gráficos acompanhados de exemplos do modo da sua utilização.

Dedica-se um capítulo ao estudo de algumas propriedades duma liga empregada recentemente no fabrico de molas, «berílio-cobre», inserindo-se as características necessárias ao projecto de molas neste material.

C. D. 744 : 62

The Dimensioning of Engineering Drawings — *W. Abbott* — Editor: Blackie & Son Limited — Londres e Glasgow — 1953 — 185 págs.

Este livro trata dos princípios fundamentais que se aplicam ao dimensionamento dos desenhos de engenharia, não no que diz respeito à determinação de tolerâncias, mas à distribuição dessas tolerâncias, prèviamente estabelecidas.

Em todos os assuntos tratados adopta-se a normalização inglesa (British Standard 308 : 1952), a cuja comissão o autor esteve ligado.

Numa primeira parte o Dr. Abbott começa por abordar resumidamente o problema geral do dimensionamento, e em seguida o da escolha de dimensões, com larga referência ao emprego de dimensões fraccionárias e decimais.

Depois disto, vem a parte pròpriamente de aplicação de tolerâncias: espécies de tolerâncias; aplicação de tolerâncias aos furos cilíndricos e eixos, e aos parafusos; tolerâncias para posições. Sobre este último

assunto, o problema é primeiro tratado com generalidade para as posições de pontos, linhas e figuras planas, e depois numa aplicação para furos em material delgado.

A questão de combinação e tolerância de grandeza e posição, também é estudada em capítulo separado, bem como a das tolerâncias de forma e grandeza.

Numa última parte o autor estuda pormenorizadamente os vários sistemas de normalização de tolerâncias que têm sido usados na Grã-Bretanha.

A finalizar vem uma análise da textura das superfícies, e um estudo muito curioso sobre a aplicação da Teoria das Probabilidades ao dimensionamento.

De tudo isto se conclui tratar-se de uma obra destinada a engenheiros — principalmente de máquinas — desenhadores e estudantes de engenharia.

FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Carlos Nogueira Martins, Fernando Eduardo Rebelo Simões, João Pedro Antunes Gomes e João Armando Costa Marques.

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por C. D. *(classificação decimal)*.

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina com 75 × 125 mm..

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita*, independentemente do número de algarismos que o índice contiver.

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T..

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro de Classificação Decimal.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. 536.6.081

The heat unit — *Ezer Griffiths.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol, 1, págs. 4.

C. D. 621.133.3

The design of tube plates in heat exchangers — *K. A. G. Miller.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 15

C. D. 621.165.23

Improvements in thermal efficiences with single-stage reheating at hig steam pressure and temperatures — *J. C. London.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 12.

C. D. 621.175

An investigation into the condensation of steam — *H. Hamgson and N. Ozisik.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 14.

C. D. 621.181.7

Design and Operation of a Large heat transfer installation — *N. Brearley.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 10, págs. 1.

C. D. 621.822 — 213.4

Rotary and Oscillating Seals Reciprocating Seals — *T. E. Beacham; F. H. Towler.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 10.

C. D. 621.825.6

The Motion Due to slow precession of a gyroscope driven and supported by a Hooke's joint — *R. N. Arnold and L. Maunder.*
The Instilution of Mechanical Enginners, vol. 1, págs. 15.

C. D. 621.825·7

The Design of Flexible Disk Misalignment Couplings — *P. H. W. Wolff.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 10.

C. D. 621.831

Gear-Tooth Stresses and Rating Formulae — *H. E. Merrit.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 12.

C. D. 621.979.67

Filter Efficiency and standardization of test dust; Control and recovery of dustand fume in Industry — *H. Heywood; R. Ashman.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 20.

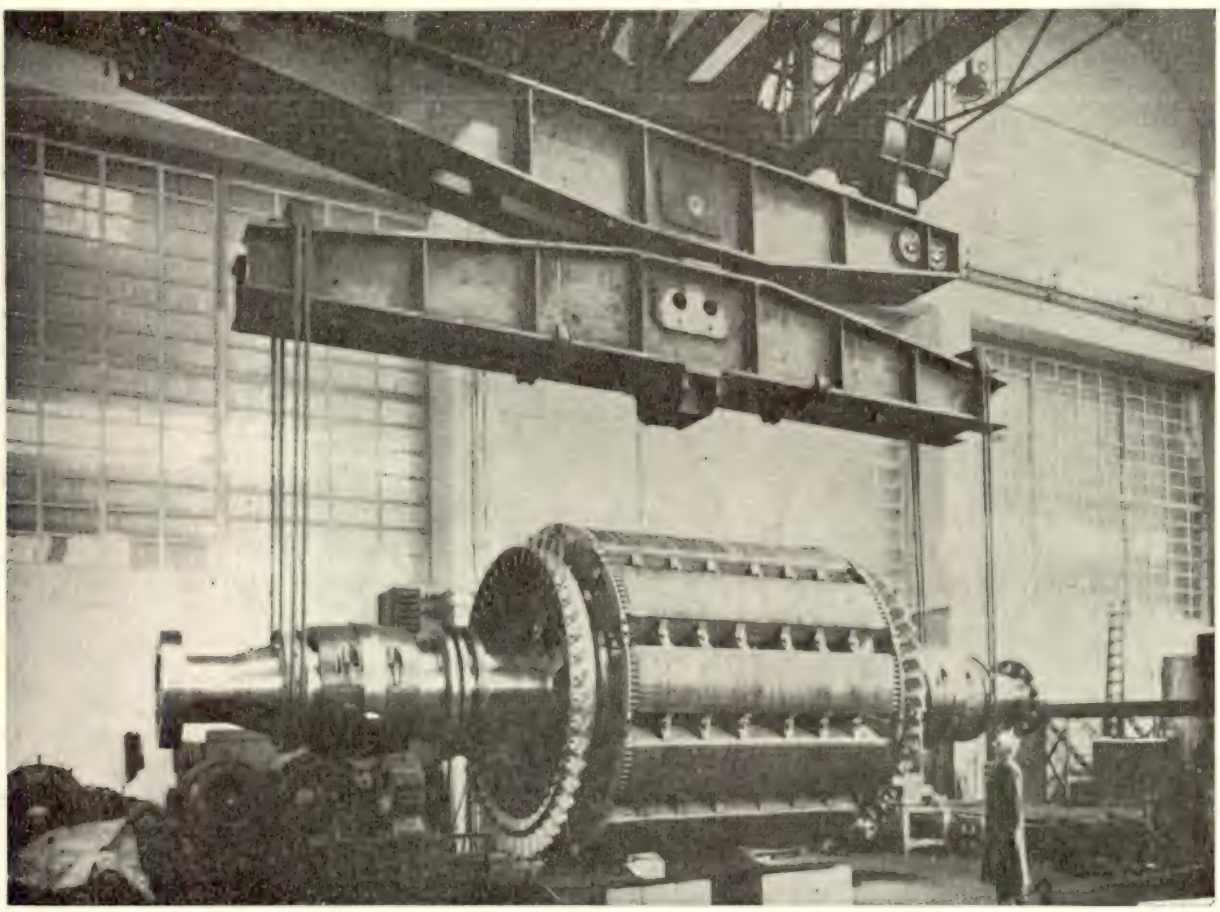
ELIN

AKTIENGESELLSCHAFT FUR ELEKTRISCHE INDUSTRIE

VIENA — ÁUSTRIA

Fabricantes e instaladores de:

Equipamentos eléctricos para alta e baixa tensão — Geradores — Redes de distribuição de energia — Centrais térmicas e hidroeléctricas — Transformadores — Motores — Disjuntores — Arrancadores — Equipamentos de soldadura manual e automática — Material para tracção eléctrica — Material para iluminação — Rectificadores de mercúrio



Rotor dum dos geradores trifásicos 70.000 K. V. A., 500 r. p. w., 50 ciclos instalados na central hidroeléctrica de Kaprun, Áustria

REPRESENTANTES:

SOC. COM. CROCKER DELAFORCE & C.ª, S. A. R. L.

Rua D. João V, 2-2.º — LISBOA

C. D. 621 (424.1)

Mechanical Engineering Around Bristol — *A. B. Cooper.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 7.

C. D. 621 (427.4)

The Eugineering Industries of Sheffield ;
The Mettallurgical Industries of Sheffield — *M. A. Fiennes ; Charls Sykes.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, pags. 10.

C. D. 674.83 : 634.98 : 38.08

O comércio externo dos produtos florestais metropolitano — Posição relativa da cortiça — *J. L. Calheiros e Meneses.*
Junta Nacional da Cortiça, 1953, vol. 1, págs. 43.

Separata do Boletim da J. N. C.

C. D. 592

The New Factory — *J. G. Bulger.*
The Institution of Mechanical Engineers, vol. 1, págs. 8.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 66 : 534. 1/2

Vibraciones — Sos efectos en cuanto al trabajo en la industria química — *J. M. Guindal* e *V. Buan.*
Ion, 10-11-12-953, vol. 13, n.os 147-8-9.

C. D. 66.004/5 : 654.91

La señalización en la industria química — *E. M. Lamich* e *F. Martos de Castro.*
Ion, 1-954, vol. 14, n.º 150, págs. 2-16 + 33.

C. D. 331.2

Sistemas de salários — *A. Garcia Galan.*
Dyna, 12-953, voi. 28, n.º 12, págs. 380-4.

C. D. 521

La causa de la rotación del perihelio de mercurio — *S. Ocampo.*
Dyna, 12-953, vol. 28, n.º 12, págs. 391-3.

C. D. 526.932 : 629/13

Periscopic sextants for the air navigator.
The Aeroplane, 22-1-954, vol. 86, n.º 2 218, págs. 100/2.

C. D. 533.68 : 629.135.4

Rotor blade motion in a vertical sharp-edged gust — *P. R. Payne*
Aircraft Engineering, 1-954, vol. 26, n.º 299, págs. 10/14.

C. D. 532.1/2 : 66

Vibraciones — Sus efectos en cuanto al trabajo en la industria química — *J. M. Guindal* e **V. Buen.**
Ion, 10-11-12-953, vol. 13, n.os 147-8-9.

C. D. 534.21 : 621.438

A survey of experiments on jet noise — *Alan Powell.*
Aircraft Engineering, 1-54, vol. 26, n.º 299, págs, 2/9.

C. D. 534.112 : 629.13

The normal modes of vibration of an aircraft — *N. P. Shevloff* e *T. J. Reid.*
Aircraft Engineering, 12-053, vol. 298, pág. 360/6.

C. D. 536.4 : 620.1 [629.13]

Conference on temperature effects.
The Aeroplane, 22-1-954, vol. 86, n.º 2 218, págs. 95/6.

C. D. 539.17

Algunos problemas en la producción de energia nuclear — *J. M. T.*
Ion, 1-954, vol, 14. n.º 150 págs. 27-33.

C. D. 543.8 : 547.98

Método de análisis cuantitativo de materias tánicas vegetales de la Asociación Química-Española de la Industria del Cuero. — *A. Torner Ochoa.*
Ion, 12-933, vol. 13 n.º 149, págs. 685-90.

C. D. 620.1

Detectores de metales — *E. Blasberg* e *A. de Groot.*
Dyna, 1-954, vol. 29, n.º 1, págs. 24-9.

Transc. R. T. Philips, 7-953.

C. D. 620.1

El plastómetro de la disco y la probeta cilíndrica — *M. V. Pando.*
Dyna, 1-954, vol. 29, n.º 1, pág. 2-10.

C. D. 620.1

Torsion of a multi-webbed rectangular tube — *W. H. Wittrick.*
Aircaift Engineering, 12-953, vol. 25, n.º 298, pág. 372.

C. D. 621.357

An improved method for routine electrolytic polishing of microspecimens — *R. L. Hancher.*
Metallurgic, 1-954, vol. 49, n.º 291, págs. 49-51.

5 referências bibliográficas.

C. D. 621.357.7 : 672.4

La industria de la hojolata electrolítica — *G. C. González.*
Ion, 1-954, vol. 14, n.º 150, pág. 17-26 + 58.

24 referências bibliográficas.

Para o fabrico de uma tonelada de aço Bethlehem, são necessários produtos de tôdas as partes da terra. E por isso mesmo, a Bethlehem é compradora em *41 países* do mundo.

No mercado mundial a Bethlehem adquire cromo, estanho, tungstênio, manganês, fluorita, cânhamo, borracha, polpa de madeira e produtos químicos para serem utilizados no fabrico de aço e noutras operações de suas usinas.

Por comprar tanto em todo o mundo, a Bethlehem representa um fator de economia para muitos países, ao mesmo tempo que colabora no desenvolvimento do poder industrial dêsses países, fornecendo os indispensáveis produtos de aço.

CLIENTE MUNDIAL

BETHLEHEM STEEL
Export Corporation
25 Broadway, New York 4
E. U. A.

Telegramas: "BETHLEHEM, NEWYORK"

Escritoriós e representantes em tôdas as principais cidades do mundo
Em Moçambique: Albino Dias de Carvalho, Lda., Lourenço Marques

8021

C. D. 621.436

Combustion in compressiou-ignition oil engines — *S. J. Davies.*

The Chartered Mechanical Engineer, 1-954, vol. 1, n.º 1, págs. 24/35.

C. D. 621.438

Pressure ratios for aero-engines — A note on the factors limiting the choice of pressure ratio — *J. M. Stephenson.*

Aircraft Engineering, 12-953, vol. 25, n.º 298, pág. 371.

C. D. 621.438.001.4

A mobile test-plant for turbo-jet engines.

Aircraft Engineering, 1-954, vol. 26, n.º 299, págs. 22-3.

C. D. 620.1 : 536.4 [62`.13.014]

Transient thermal stresses in wings — *E. W. Parks*

Aircraft Engineering, 12-953, vol. 25, n.º 298, págs. 373-8.

C. D. 621.565.9 : 621.313 [629.13]

Blast cooling of electrical machinery — *A. C. Boswell.*

Aircraft Engineering, 12-953, vol. 25, n.º 298, pág 367-70.

C. D. 621.741 : 621.438

Castings for gas turbines.

The Aeroplane, 12-2-954, págs. 185-6.

C. D. 621.791

The cold pressure welding of metals — *J. E. Hughes.*

Metallurgia, 1-954, vol. 49, n.º 291, pág. 15-9.

9 referências bibliográficas.

C. D. 621.791 : 546.11

Evolution of hydrogen from weld metal — *K. Winterton* e *C. L. M. Cottrell.*

Metallurgia, 1-954, vol. 49, n.º 291, págs. 3-7.

4 referências bibliográficas.

C. D. 621.892.097

Lubricant for gas turbines.

The Aeroplane, 5-2-954, vol. 86, n.º 2220, págs. 163-4.

C. D. 621.92

Grinding Hazards — *W. R. Hardwick.*

Metallurgia, 1-954, vol. 49, n.º 291, pág. 21-5.

C. D. 622.24 : 669.24

Les raccords de trépan non magnétiques en monel «K» pour la sorveillance des trous de sonde — *R. T. Mahan.*

Revue du Nickel, Jan., Fev. e Março, 1954, vol. 20, n.º 1, págs. 17-20.

C. D. 624.07 : 539.37

The Use of Relaxation Methods in Engineering — Part 3 — Part 4 — *W. Wright.*

Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol. 48, n.º 545, pág. 656; 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 751.

C. D. 624.19

London Airport Main Access Tunnel — Part 1 — Part 2 — *H. Smith.*

Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol, 48, n.º 565, pág 633; 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 747.

C. D. 524.21 (43)

Some Notable German Bridges — Part 2 — *C. S. Chettoe.*

Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol 48, n.º 565, pág. 648.

C. D. 624.012.47

Resistance to Slip of Wires in Pre-tensioned P. C. Girders — *W. Eastwood.*

Civil Engineering and Public Works Review, 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 741.

C. D. 624.014.9

Efficient Structures in Aluminium — Part 1 — *M. Bridgewater.*

Civil Engineering and Public Works Review, 8-1953, vol 48, n.º 566, pág. 737; 9-1953, vol. 48, n.º 567, pág. 849.

C. D. 624.16 059.2

Repairinga concret Pier — *I. Leon Glassgold.*

Civil Engineering and Public Works Review, 9-1953, vol. 48, n.º 567, pág 830.

C. D. 624.072 — 012.4:539.414

The theory of torsion applied to reinforced concrete design — Part 1,2 — *Henry J. Cowan.*

Civil Engineering and Public Works Review, 9-1953, vol. 48, n.º 567, pág. 827; 10-1953, vol. 48, n.º 568, pág. 950.

C. D. 624.072 — 014 : 539.411

The Maxinum strength of the thin-walled channel strut — *A. H. Chilver.*

Civil Engineering and Public Works Review, 12-1953, vol. 48, n.º 590, pág. 1143.

C. D. 624 138.51

Grouting a railway embankment — *P. Protopapadakis.*

Civil Engineering and Public Works Review, 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 727.

C. D. 624.154

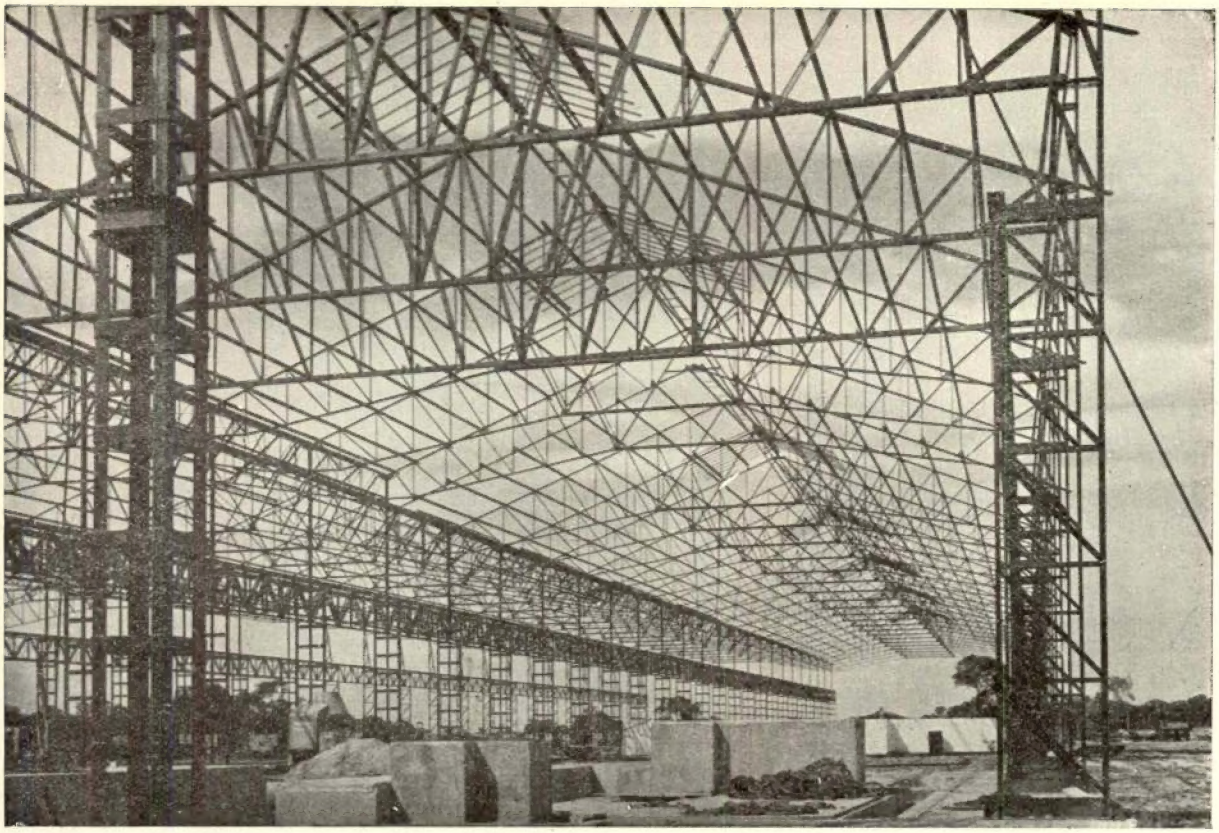
Static Distribution of the Eccentric Lond on a Group of Piles — Part 5 — *M. Roy.*

Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol. 48, n.º 565, pág. 654.

C. D. 624.155 15

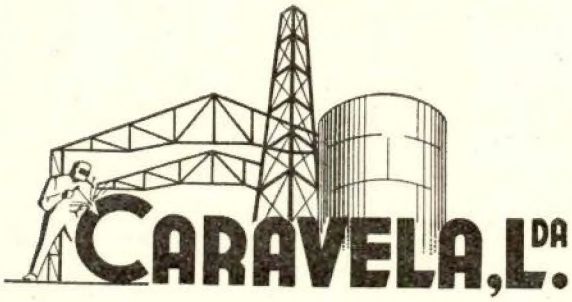
Modern Trends in Pile Driving Equipment — *A. W. E. Kirkpatrick.*

Civil Engineering and Public Works Review, 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 743.



Vista da nave das máquinas das instalações da Lusalite em África
Executada pela Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, LTD.ª (Antiga OMES)

FÁBRICA METALURGICA E CONSTRUTORA



Nesta oficina executam-se também outros trabalhos; como:

Reservatórios, estruturas metálicas para aparelhos de elevação, postes metálicos, condutas metálicas, pontes metálicas, etc.

Sede: Avenida Infante D. Henrique — Talhão 10 — LISBOA

Telef. 399008 / 399480

C. D. 625.3.042.2

Roads and Frost.
Civil Engineering and Public Works Review, 9-1953, vol. 48, n.º 567, pág. 821.

C. D. 625.855

Bitumen Surfacing of Gravel Pavements — Part 2 — *H. C. Macteady.*
Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol. 48, n.º 565, pág. 652.

C. D. 627.52

Sea Defense in S. E. England — Part 1 — Part 2 — *G. Cubley Crowther.*
Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol. 48, n.º 565, pág. 643; 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 749.

C. D. 628.1

Water Scheme in Lanarkshire — *Ian H. Ritchie.*
Civil Engineering and Public Works Review, 7-1953, vol. 48, n.º 565, pág. 636.

C. D. 628.2 (42)

Design and Construction of the Hereford Sewage Disposal Works — *F. Margerison.*
Civil Engineering and Public Works Review, 11-1953, vol. 48, n.º 169, pág. 1048.

C. D. 628.3 (42) COLESHILL

Coleshill Sewage Works — *C. C. Winsor.*
Ctvil Engineering and Public Works Review, 9-1953, vol. 48, n.º 567, pág. 841.

C. D. 628.3 (42) RODBOURNE

The Rodbourne Sewage Works — *H. T. Coggou.*
Civil Engineering and Public Works Review, 10-1953, vol. 48, n.º 568, pág. 933.

C. D. 629.128.5

Elderslie Dry Dock n.º 1.
Civil Engineering and Public Works Review, 8-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 730.

C. D. 628.22 : 539.16.08

Radioactive Tracers in the Measurement of Sewage Flow — *G. A. Truesdale.*
Civil Engineering and Public Works Review, 1-1953, vol. 48, n.º 566, pág. 733.

C. D. 629.13.014 + 629.135.4 [533.6.65]

Simplification in Aviation — *N. J. Capper.*
The Aeroplane, 26-2-954, vol. 86, n.º 2223, págs. 236-7.

C. D. 629.13.014

Aeró-isoclinic wing and all-moving wing-tips.
Aircraft Engineering, 1-954, vol. 26, n.º 299, págs. 18-19.

C. D. 629.13.014/015

Self-landing and the crescent wing — *R. S. Stafford.*
The Aeroplane, 5-2-954, págs. 149-50.

C. D. 629.135 : 656.7

A medium-range french airliner — *James Hay Stevens.*
The Aeroplane, 5-2-954, vol. 86, n.º 2220, pág. 154-9.

C. D. 656.7 : 621.438

Some operational aspects of jet transport design — *Edward C. Wells.*
Esso Air World, Jan. e Fev., 1954, vol. 6, n.º 4 págs. 90-5.

C. D. 666.76

Sintered refractory alloys — *A. Carter.*
Metallurgia, 1-954, vol. 49, n.º 291, págs. 8-14.

27 referências bibliográficas.

C. D. 669.14 + 669.715 [629.13]

Al-Fin in Aeronautical Engineering.
The Aeroplane, 26-2-954, vol. 86, n.º 2223, págs. 247-8.

C. D. 669 : 660.4

Isothermal heat treatment.
Metallurgia, 1-954, vol. 49, n.º 291, págs. 27-33.

C. D. 669.14

Microstructure de l'acier inoxydable 18/8. Ses relations avec le polissage électrolyque, la sensibilité à la corrosion intergranulaire et la passivation — *P. A. Jacquet.*
Revue du Nickel, 1-2-3-954, vol. 20, n.º 1, págs. 1-16.

25 referências bibliográficas.

C. D. 676.16

Fabricación de celulosa al sulfato (Kraft) — *F. de Castro.*
Dyna, 1-954, vol. 29, n.º 1, págs. 11-23.

8 referências bibliográficas.

C. D. 678 : 629.13.002

Rubber for the aircraft manufacturer.
The Aerpplane, 19-2-954, vol. 86, n.º 2 222, págs. 220-1

C. D. 679.5.002.5

Technique du calandrage — *A. D. Clarke.*
Industrie des Plastiques Modernes, 1-2-954, vol. 6, n.ºs 1-2, págs. 43-5 + 26-8.

8 referências bibliográficas.

C. D. 679.5 : 620.1

Buts, principes, pratique des méthodes d'essais des plastiques — *P. Dubois.*
Industrie des Plastiques Modernes, 1-2-954, vol. 6, n.º 1-2, pág. 33-35 + 31-33.

13 referência bibliográfica.

C. D. 679.5 : 621.744

Supression de cadhérnck au démoulage des pières profondes — *H. Spies.*

Industrie des Plastiques Modernes, 1-954, vol. 6, n.º 1, pág. 24

Transcrito de «Der Plastverarbeiter».

C. D. 679.56

Problèmes posés par la coloration des résines phénoplastes — *A. Haehl et R. Thiollet.*

Industrie des Plastiques Modernes, 2-954, vol. 6, n.º 2, pág. 29-30.

C. D. 679.57 : 620.17

Résistence à la traction et aux chocs du plexiglas étiré à chaud — *H. Peukert.*

Industrie des Plastiques Modernes, 2-954, vol. 6, n.º 2, págs. 34-7.

5 referências bibliográficas.

C. D. 681.26

Regulación automática de procesos industriales — *V. Llovet.*

Ion, 12-953, vol. 13, n.º 149, pág. 697-703.

C. D. 681.26

Cómo se puede utilizar una cámara de automóvil para hacer pesadas — *D. H. Gieskieng.*

Dyna, 12-953, vol. 28, n.º 12, pág. 401.

Transc. Chem. Eng.

C. D. 621.32:539.43

Impact Resistance of Concret.

Civil Engineering and Public Works Review, 8-953, vol. 48, n.º 566, pág. 755.

C. D. 693.41 : 693.55

Z — Block construction — *Prof. Dr. Shizuo Bau.*

Civil Engineering and Public Works Review, 9-953, vol. 48, n.º 567, pág. 844.

C. D. 691.025 — 012.4/7 : 691.018.44

Comparative tests on prestressed and reinforced concrete floors during and after fires — *L. A. Ashton.*

Civil Engineering and Public Works Review, 11-953, vol. 48, n.º 569, pág. 1035.

C. D. 621.327 — 128

The improvement of concrete strength by electro-osmosis — *Dr. A. Pogany.*

Civil Engineering and Public Works Review, 10-953, vol. 48, n.º 568, pág. 931.

C. D. 691.544 — 2

Strenght Grading of Portland Cement.

Civil Engineering and Public Works Review, 8-953, vol. 48, n.º 566, pág. 740.

C. D. 691 544.018.8

Tests on Sulphate-resisting Cement — *M. J. Tomlinson.*

Civil Engineering and Public Works Review, 12-953, vol. 48, n.º 570, pág. 1134.

C. D. 691.544 : 691.31 + 627.82

Blast furnace cement for scottish hydro-electric scheme

Civil Engineering and Public Works Review, 11-953, vol. 48, n.º 569, pág. 1046.

C. D. 729

Paint and the architect.

Building Digest, 3-953, vol. 13, n.º 3, pág. 96.

C. D. 711.4 (42)

Villes nouvelles pour une meilleure répartition de la populacion et des industries — Grande-Bretagne — *Antoinette Suquet-Bonnaud.*

Urbanisme, 953, n.ºs 25-26, pág. 43.

C. D. 719 (492)

L'aménagement du paysage rural en Hollande — *R. J. Beuthen.*

Urbanisme, 953, n.º 29-30, pág. 207.

C. D. 725.5 (73) ALABAMA

Hospital clínico de 285 camas en Mobile (Alabama).

Informes de la Construccion, 10, 953, n.º 54.

C. D. 725.826

El Estádio cubierto de Raleigh — USA — *Otto, Frei.*

Informes de la Construccion, 7 e 8, n.º 53.

C. D. 725.85

El Gimnasio del Centro de Desportes de Rio.

Informes de la Construccion, 7 e 8, 953, n.º 53.

C. D. 725.91 (73) HALMIGE

Pavillon de Foire à Raleigh (USA).

L'ossature Metallique, 7 e 8, 953, n.ºs 7-8, pág. 378.

C. D. 727.1 (42) IPSWICH

Groupe scolaire à Ipswich (Grande-Bretagne) — *Martin Slater, Birkin Haward.*

L'ossature Metallique, 7 e 8, 953, n.ºs 7-8, pág. 367.

C. D. 74

Cómo se hacen dibujos trimétricos

Dyna, 6, 953, vol. 28, n.º 6, pág. 181-4.

C. D. 77 : 62

La photographie et l'industrie — *G. Teuchou.*

Ingénieurs et Techniciens, 4, 953, n.º 54, pág. 13-36.

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

●

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 38171/6

telefones · rádio · cabos